

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLAN DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PRUEBAS QUE AFECTEN LA CALIDAD DE LA RED INSTALADA POR LA OPERADORA MOVILNET

PROF. GUÍA: Franklin Martínez
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Evelyn Abreu

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Perez B. Miguel A.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado muestra el logro de una de mis metas, de ser Ingeniero Electricista, y lo dedico a:

- *Primeramente a Dios todopoderoso, por haberme ayudado a lo largo de toda mi carrera, así como también por darme la oportunidad de cumplir con una de las metas más importante de mi vida, llenándome de dicha y felicidad.*
- *A mi madre **Beatriz Barrera**, mis tías **Maria Concepción Barrera** y **Judith Alvarado**, por tener en todo momento su apoyo incondicional en los momentos de tristezas y alegrías, y depositar tanto cariño y amor para ayudarme a cumplir la meta de ser ingeniero electricista.*
- *A mi Abuela **Maria Fidelina** por haberme inculcado todos los principios éticos, morales e intelectuales, y por brindarme su apoyo en todo momento, llenándome de fortaleza y buenos deseos para lograr mis objetivos.*
- *A mi Abuelo **José Ramón** por haber estado a mi lado durante gran parte de mi vida y contar con su apoyo en los momentos de tristezas y alegrías, durante la realización de este trabajo.*
- *A mis primos: **Clefnid Brizuela**, **Juan Carlos Brizuela**, **Maria Carolina Arguelles**, **José Luciano Arguelles**, **Douglas Patiño**, **Roberto Koch**, **Mónica Koch** y **Sofía Vicenzi** por ser ejemplo para la culminación de este trabajo y apoyo incondicional.*
- *A **Gladys Gonzáles** y **Teresa Lara** por su valioso apoyo en los momentos difíciles y por ser un ejemplo a seguir en la vida, como persona y como profesional.*

- *A Maria Fernanda Alfonso y Lisbeth Miranda, por ser personas muy especiales, las cuales tuvieron siempre a mi lado, dándome su apoyo incondicional en todo momento y estar pendiente de mí en los momentos difíciles.*

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido al desarrollo y culminación del presente trabajo, especialmente:

- *A la Universidad Central de Venezuela, en especial a mi tutor el Prof. **Franklin Martínez**, por depositar en mi la confianza, su amistad, y colaboración para encaminarme hacia el ejercicio de la profesión.*
- *A mis amigos: **Yoryi Escalona, Yarelsi Vásquez, José Villamizar y Grace Tineo** por su inmensa colaboración desde el primer momento, por guiarme en el instante indicado cuando no contaba con las bases sólidas para continuar el trabajo.*
- *A la **Ing. Evelyn Abreu** y la **Lic. Antonieta Lo Russo** por su asesoramiento y disponibilidad para atender las dudas, a pesar de su labor, y por brindarme su amistad.*
- *A mis amigos incondicionales, **Mariela Ochoa, Johenny Guerra, Maria Romero, Yustin Piña, Yubriní Punce, Darihelen Montilla, Giomar Bolívar, Franlís Olimpos, José Alejandro Rangel, Víctor Díaz, Jhon Villegas, Ilwin Ruiz, Juan Galeno, Gerlis Caropresse, Henry Contreras, Sofía García, Erika Meza, Ricardo Patiño, Débora Veitia, Andrés de Andrade y Gustavo Bosa**, que desde hace tanto años me ha dado su amistad y han estado presente en los momentos más duro de mí vida, apoyándome y compartiendo las victorias y las derrotas.*
- *A mis compañeros **Eugenio Álvarez, Carlos Méndez y Romelt Yáñez** por su inmensa colaboración y por guiarme en el instante indicado cuando no contaba con las bases sólidas para continuar el trabajo.*

- *A mis amigos y amigas: Aída Arteaga, Yolanda Olivero, Ismael Velásquez, Iraida Galue, Maria Auxiliadora Rojas, Rafael Muñoz, Ligia Lara, los cuales me apoyaron en todo momento y a quienes considero excelentes personas.*

Pérez B. Miguel A.

PLAN DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PRUEBAS QUE
AFECTEN LA CALIDAD DE LA RED INSTALADA POR LA OPERADORA
MOVILNET

Prof. Guía: Franklin Martínez. Tutor Industrial: Ing. Evelyn Abreu. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Telecomunicaciones Movilnet , 2006, 96 h. + anexos.

Palabras Claves: Sistema de Gestión de Calidad, Normativas Internacionales vigentes, Calibración, Verificación, Incertidumbre, Repetibilidad, Reproducibilidad.

Resumen. Se plantea una propuesta de un Plan de Calibración y seguimiento de los equipos de medición y pruebas, pertenecientes a la Dirección de Operación y Mantenimiento de la VOPS de la Operadora Movilnet. El área de estudio lo conforman cinco (5) gerencias Regionales, distribuidas estas a nivel nacional, en las cuales se encuentran todos los equipos a ser incluidos en esta planificación. Para este estudio, es necesario controlar todos los equipos de medición y pruebas que se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional; que siguiendo lo establecido en las normas ISO 9000, las regulaciones de CONATEL y otras normas venezolanas, adicionalmente se establecen los lineamientos para la implementación de este plan de calibración y seguimiento. El control de dichos equipos esta fundamentado en los cálculos de incertidumbre, repetibilidad y reproducibilidad.

INDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------|-------|
| CONSTANCIA DE APROBACIÓN | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| RESUMEN | vi |
| INDICE DE TABLAS | x |
| INDICE DE FIGURAS..... | xi |
| INDICE DE GRAFICOS | xiii |
| INDICE DE ANEXOS..... | xiv |
| LISTA DE SIGLAS | xv |
| LISTA DE ABREVIATURAS | xvii |
| LISTA DE ACRONIMOS | xviii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| GENERALIDADES | 3 |
| 1.1 Preliminares..... | 6 |
| 1.1.1 SENCAMER..... | 7 |
| 1.1.2 FONDONORMA | 8 |
| 1.1.3 Normas Internacionales..... | 9 |
| 1.1.4 Certificación..... | 9 |
| 1.1.5 ISO 9000 | 10 |
| 1.1.6 Acreditación..... | 12 |
| 1.2 Definiciones Básicas..... | 14 |

| | |
|---|--------|
| 1.2.1 Calibración | 14 |
| 1.2.2 Incertidumbre de la Medición | 14 |
| 1.2.3 Repetibilidad | 15 |
| 1.2.4 Reproducibilidad | 15 |
| 1.2.5 Trazabilidad..... | 15 |
| 1.2.6 Criterios de Aceptación..... | 16 |
| CAPÍTULO II | 20 |
| LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN | 20 |
| 2.1 Equipos de medición y pruebas de campo | 26 |
| 2.1.1 Anritsu..... | 26 |
| 2.1.2 Agilent o Hewlett Packard | 29 |
| 2.1.3 Wavetek | 32 |
| 2.1.4 TTC | 33 |
| 2.1.5 Bird Electronic Corporation..... | 34 |
| 2.1.6 Fluke..... | 34 |
| 2.1.7 Garmin | 34 |
| 2.1.8 Otras Marcas | 35 |
| 2.2 Equipos de medición instalados en la plataforma de telefonía móvil.... | 35 |
| 2.3 Clasificación de los equipos de medición y prueba | 37 |
| CAPITULO III..... | 44 |
| REQUISITOS GENERALES PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD..... | 44 |
| 3.1 Rutinas o formas de Calibración..... | 45 |
| 3.2 Formas de Verificación..... | 47 |
| 3.3 Patrones de Comparación o Verificación..... | 49 |
| 3.4 Identificación de los equipos de medición..... | 50 |
| 3.4.1 Identificación física..... | 50 |
| 3.4.2 Etiqueta de control | 52 |
| 3.4.3 Base de datos para el control de los equipos control | 52 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.5 | Calibración y Verificación | 53 |
| 3.5.1 | Frecuencia de Calibración..... | 54 |
| 3.5.2 | Proveedor Recomendado | 55 |
| 3.5.3 | Forma y Frecuencia de Verificación..... | 56 |
| 3.6 | Mantenimiento Preventivo de los equipos | 57 |
| 3.7 | Mantenimiento de Registros. | 59 |
| 3.7.1 | Hoja de vida ó ficha técnica..... | 59 |
| 3.7.2 | Certificados de calibración y verificación..... | 60 |
| 3.7.3 | Catálogos de cada equipo..... | 61 |
| 3.7.4 | Ordenes de salidas y notas de entrega..... | 61 |
| CAPITULO IV..... | | 63 |
| DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD | | 63 |
| 4.1 | Identificación de los equipos de medición..... | 64 |
| | •Cálculo de la Incertidumbre | 66 |
| | •Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R). | 70 |
| | Repetibilidad | 70 |
| | Reproducibilidad..... | 72 |
| 4.2 | Calibración, Verificación y Mantenimiento Preventivo | 76 |
| 4.2.1 | Frecuencia y forma de calibración y verificación..... | 79 |
| 4.2.1.1 | Anritsu..... | 79 |
| 4.2.1.2 | Agilent o Hewlett Packard. | 80 |
| 4.2.1.3 | Wavetek | 83 |
| 4.3 | Registros..... | 86 |
| 4.3.1 | Control de entrada y salida..... | 88 |
| CONCLUSIONES | | 90 |
| RECOMENDACIONES | | 91 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 92 |
| BIBLIOGRAFÍAS | | 93 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.1 Clasificación según marca del fabricante..... | 37 |
| Tabla 2.2 Clasificación según la condición de calibración | 38 |
| Tabla 2.3 Estatus según proveedor agilent..... | 40 |
| Tabla 2.4 Estatus final para ejecutar el plan de calibración..... | 42 |
| Tabla 4.1 Factor de cobertura k..... | 67 |
| Tabla 4.2 Factor estadístico t de student | 68 |
| Tabla 4.3 Valores de constantes estadísticas (A_2, D_3, D_4) | 71 |
| Tabla 4.4 Valores estadísticos para la constante K_1 | 72 |
| Tabla 4.5 Valores estadísticos para la constante K_2 | 73 |
| Tabla 4.6 Criterios de aceptación para r&r | 74 |
| Tabla 5.1 Valores de muestra, para cálculo de incertidumbre (ejemplo 1)..... | 99 |
| Tabla 5.2 Valores de muestra, para cálculo de incertidumbre (ejemplo 2)..... | 103 |
| Tabla 5.3 Valores de muestra, para cálculo de R&R (ejemplo 1)..... | 105 |
| Tabla 5.4 Valores de rango, para cálculo de repetibilidad (ejemplo 1) | 106 |
| Tabla 5.5 Valores promedios, para cálculo de repetibilidad (ejemplo 1) | 106 |
| Tabla 5.6 Valores promedios, para cálculo de reproducibilidad (ejemplo 1) | 107 |
| Tabla 5.7 Valores de muestra, para cálculo de R&R (ejemplo 2)..... | 110 |
| Tabla 5.8 Valores de rango, para cálculo de repetibilidad (ejemplo 2) | 111 |
| Tabla 5.9 Valores promedios, para cálculo de repetibilidad (ejemplo 2) | 111 |
| Tabla 5.10 Valores promedios, para cálculo de reproducibilidad (ejemplo 2) ... | 112 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------|--|----|
| Figura 1.1 | Proceso para la obtención de la certificación | 12 |
| Figura 1.2 | Gráfico de control x-r | 17 |
| Figura 2.1 | Localización de los com en la región capital noreste y sureste | 24 |
| Figura 2.2 | Localización de los com en la región centro occidental | 24 |
| Figura 2.3 | Localización de los com en la región nor y sur occidental..... | 25 |
| Figura 2.4 | Localización de los com en la región nor y sur oriental..... | 25 |
| Figura 2.5 | Fotografía de equipo site master..... | 27 |
| Figura 2.6 | Equipo cell master conectado a la estación a través del aire..... | 28 |
| Figura 2.7 | Equipo cell master conectado a la estación por medio de cable..... | 28 |
| Figura 2.8 | Equipo stabilock 4032 conectado con la estación radiobase..... | 33 |
| Figura 2.9 | Fotografía de sensores de temperatura y humedad..... | 35 |
| Figura 2.10 | Detector de humo-fotoeléctrico y térmico..... | 36 |
| Figura 3.1 | Proceso para la ejecución del plan de calibración | 45 |
| Figura 3.2 | Pocketpc-pdt8100 | 51 |
| Figura 4.1 | Panel de control de la base de datos | 63 |
| Figura 4.2 | Etiqueta de identificación para cada equipo | 64 |
| Figura 4.3 | Formulario de identificación de cada equipo..... | 65 |
| Figura 4.4 | Formulario para la estimación de la incertidumbre | 75 |
| Figura 4.5-a | Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad | 75 |
| Figura 4.5-b | Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad | 76 |
| Figura 4.5-c | Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad | 76 |
| Figura 4.6-a | Formulario para el control de las verificaciones | 77 |
| Figura 4.6-b | Formulario para el control de las calibraciones..... | 78 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 4.7 | Formulario para el control de mantenimiento de equipos | 78 |
| Figura 4.8 | Formato de solicitud y/o reemplazo de accesorios | 86 |
| Figura 4.9 | Formulario de control de procura y desincorporación..... | 87 |
| Figura 4.10 | Formato de control para la entrega y salida de los equipos..... | 88 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Grafico 2.1. Clasificación de equipos según marca del fabricante | 37 |
| Grafico 2.2. Clasificación de equipos según su condición de calibración | 39 |
| Grafico 2.3. Clasificación de equipos según estatus de los proveedores | 40 |
| Grafico 2.4. Estatus final de los equipos, para la calibración | 42 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Ejemplo 1. Cálculo de incertidumbre..... | 97 |
| Anexo 2. Ejemplo 2. Cálculo de incertidumbre..... | 101 |
| Anexo 3. Ejemplo 1. Cálculo de r&r..... | 105 |
| Anexo 4. Ejemplo 2. Cálculo de r&r..... | 110 |
| Anexo 5. Tabla de constantes estadísticas | 115 |
| Anexo 6. Tabla con valores del factor de cobertura..... | 116 |

LISTA DE SIGLAS

- COFRAC:** Conferencia electrónica Certificación de alimentos
- CONATEL:** Comisión Nacional de Telecomunicaciones
- COVENIN:** Comisión Venezolana de Normas Industriales
- FONDONORMA:** Fondo para la normalización de Calidad
- IAF:** Internacional Acreditación Forum
- IEC:** Comité Electrotécnico Internacional
- ILAC:** Conferencia Internacional sobre Acreditación de Laboratorios de Ensayo
- INMETRO:** Instituto Nacional de Metrología de Brasil
- ISO:** Organización Internacional de Estandarización
- MILCO:** Ministerio de Industrias Ligeras y Comercio
- MPC:** Ministerio de la Producción y el Comercio
- SENCAMER:** Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos
- UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones

LISTA DE ABREVIATURAS

CH: Canal

COM: Centro de operación y mantenimiento

COR: Centro de operaciones de la red

DO&M: Dirección de operación y mantenimiento

LIC: Limite inferior de control.

LSC: Limite superior de control

O&M: Operación y Mantenimiento

SI: Sistema Internacional de Unidades

VPOS: Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas

LISTA DE ACRONIMOS

1XRTT: Tecnología inalámbrica de tercera generación, basada en la plataforma de cdma

AMPS: Sistema Avanzado de telefonía móvil (telefonía celular analógica-tdma)

BER: Bit Error Rate. Tasa de error

CDPD: Cellular Digital Packet Data (servicio de datos en telefonía celular analógica, amps)

DAMPS: Sistema digital avanzado de telefonía móvil (telefonía celular analógica-tdma)

EVDO: Evolution Data optimized (alta velocidad en transmisión de datos de forma inalámbrica)

ISDN: Red digital de servicios integrados

NAMPS: Variante de amps desarrollada por motorola a principios de los 90

PCS: Personal Communication Services. Servicios de comunicaciones personales.

SAP: Sistemas, Aplicaciones y Productos

SWR: Standing Wave Ratio. Relación de ondas estacionarias

TETRA: Sistema de radio móvil

Tims Transmission Impairment Measuring Sets (probador de conexiones numericas)

WAN: Wide Area Network. Red de datos constituida por nodos situados en emplazamientos distantes y unidos entre sí por líneas de comunicación.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de calidad basados en reglamentos y procedimientos estandarizados según normas internacionales de conformidad mundial representan, desde hace algunos años, la mejor opción para las empresas de todos tipos que se desenvuelven en diferentes industrias, empresas comprometidas a involucrar procedimientos adecuados y eficientes que reflejen un alto grado de calidad y mejora continua. A diferencia de muchos programas de mejora continua de la calidad, la implantación de estándares, como las normas ISO 9000, no caducan, sino que se renuevan en forma dinámica logrando mantener niveles máximos de calidad en forma permanente. La certificación ISO 9000, para una empresa, no significa la eliminación total de fallas en sus procesos internos, pero ofrece métodos y procedimientos eficaces normalizados para determinar las causas de los problemas para luego corregirlos y evitar que estos se repitan nuevamente.

Actualmente, la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de operación y Mantenimiento la cual pertenece a la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas de Movilnet se encuentran en proceso de implantación de un sistema de gestión de calidad, enfocado en los equipos de medición y pruebas, los cuales son utilizados para el monitoreo de la correcta operación de la Plataforma de telefonía móvil, así como la prevención y el diagnóstico de fallas.

En este sentido, es necesario tener un control sobre cada uno de los equipos de medición que se encuentran bajo la responsabilidad de la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos. Dicho control debe estar enfocado hacia las características de cada uno de los equipos, su funcionalidad, así como, tener un control en cuanto a la ubicación de cada uno de ellos. Del mismo modo, también es necesario controlar al personal designado para calibrar estos equipos, así como los encargados manipular los equipos, es decir, el personal a cargo de realizar las mediciones.

Una vez controlado todos los parámetros antes descritos, se deben considerar las eventuales calibraciones y verificaciones de las mediciones sobre cada uno de los equipos que engloban esta gestión de control de calidad. No obstante, la actividad de calibración y verificación también debe estar orientada al sistema de gestión de calidad, por ello se debe seleccionar a un personal debidamente autorizado y calificado para la ejecución de estas actividades. De allí que, es imprescindible que el grupo de proveedores de estos equipos, estén debidamente acreditados para cumplir con la actividad de calibración y de ser necesario ejecutar la tarea de verificación de las mediciones.

Cada paso de las actividades antes descritas deben ser ejecutadas de acuerdo con procedimientos documentados y generalmente publicados, los resultados deben ser registrados de tal forma que los mismos puedan ser verificados por un personal capacitado. Por esta razón, la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos debe guardar registros de todas las actividades ejecutadas sobre cada equipo, bien sea; calibración, verificación o mantenimiento.

En este sentido, la esquematización de este trabajo se divide en cuatro capítulos, en los cuales a partir de los lineamientos establecidos en normas internacionales y nacionales, así como las regulaciones de CONATEL, se establecen las condiciones necesarias para la implantación de un sistema de gestión de calidad, enfocado hacia los equipos de medición y pruebas pertenecientes a la DO&M de la Empresa Telecomunicaciones Movilnet. En este sentido, en el capítulo I se definen todos los conceptos básicos sobre el sistema de gestión de calidad. Así mismo el capítulo II esta orientado hacia la búsqueda de la información y condiciones de operación de cada uno de los equipos. En lo que respecta al capítulo III, en el mismo se indican las condiciones necesarias para la implantación de un sistema de gestión de calidad. Finalmente en el capítulo IV se presenta el diseño para la implementación de dicho sistema de gestión de calidad.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Hoy cada vez más cobra valor la posibilidad de que empresas de telefonía celular o telefonía móvil ofrezcan más y mejores servicios a sus usuarios. Esto nos ha llevado a que los ciudadanos se sumen a la cada vez más creciente “sociedad inalámbrica”.

La demanda de servicios de telefonía móvil crece vertiginosamente, es por ello que se deben ofrecer mejores servicios de comunicación, de tal manera que excedan las expectativas de los clientes. La Empresa Telecomunicaciones Movilnet cada año se ha esforzado por incorporar un mayor número de usuarios al servicio, por lo cual ha tenido que aumentar el número y tipo de equipos en su plataforma y con ello mejorar la calidad de su operación y servicio.

Para cumplir o satisfacer las necesidades de los usuarios, todos los equipos utilizados en la infraestructura del sistema de telefonía móvil deben estar calibrados y controlados antes, durante y después de estos ser instalados en sus respectivos lugares de operación. Sin embargo, es importante aclarar que no todos los equipos que conforman la infraestructura del sistema de telefonía móvil pueden ser calibrados.

Es importante acotar en este trabajo que entre los diferentes tipos de equipos que conforman esta plataforma, sólo se hará énfasis en los equipos de medición y prueba. Cuando se hace referencia a “equipos de medición y prueba”, se habla de equipos de campo o los que se encuentran instalados en la red.

En términos generales, los equipos y/o sistemas de medición y prueba permiten el seguimiento regular o sistemático de alguna actividad, en nuestro caso: La plataforma de telefonía móvil. Cuando hablamos de seguimiento nos referimos a mantener una supervisión periódica sobre una actividad de interés. De allí, que todo equipo de medición y prueba que integra la plataforma de telefonía

móvil debe ser calibrado correctamente y luego controlado, en cuanto a cantidad, tipo y condiciones de operación mediante un plan programado de calibración.

En efecto, estos equipos se calibraron al momento de ser instalados o adquiridos por la empresa, pero con el pasar del tiempo, los mismos tienden a descalibrarse, ya que no existe un proceso de monitoreo y control para mantener en óptimo estado los equipos que conforman esta plataforma.

Así mismo, la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas de Movilnet se encuentra en proceso de implantación de un sistema de gestión de calidad basado en las normas las normas ISO 9001:2000. Ésta, en sus cláusulas 7.6 y 8.2 establecen los requerimientos en cuanto a calibración de equipos de medición y pruebas. Sin embargo, debe regirse bajo los lineamientos señalados por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) en su decreto 1.2888 de fecha 7 de mayo del 2001, la cual estableció los parámetros de calidad de servicio para telefonía móvil, entre otros.

Es importante acotar que la intención de Movilnet es superar las necesidades y exigencias del cliente, por lo que se deben cumplir ciertas normas y procedimientos para lograr los objetivos planteados al implantar el Sistema de Gestión de Calidad.

Para la planificación de un sistema de gestión de calidad que permita supervisar o monitorear la actividad de calibración de los equipos de medición y pruebas dentro de la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas (VPOS) de la Empresa Movilnet, se deben lograr ciertos objetivos, los cuales fueron planteados como punto de partida para la ejecución de este proyecto.

Considerando lo señalado anteriormente, para la elaboración del plan de calibración, se tiene como objetivo general: Planificar la calibración de los equipos de medición y pruebas que afecten la calidad de la red de telefonía móvil de la operadora Telecomunicaciones Movilnet, así como los procedimientos de

control de dichos equipos; tomando en consideración los lineamientos establecidos en el Sistema de Gestión de Calidad basado en las normas ISO 9001:2000 y las regulaciones de CONATEL.

Del mismo modo, durante el desarrollo de este proyecto se deben tener en cuenta ciertos objetivos específicos, los cuales se mencionan a continuación:

- ✚ Planificar la calibración de los equipos de campo de medición y pruebas, los cuales son utilizados en los procedimientos de medición y pruebas de la plataforma de telefonía móvil.
- ✚ Planificar la calibración de los equipos de medición fijos que conforman la red de telefonía móvil.
- ✚ Establecer los mecanismos de gestión de calibración y control de los equipos de medición y pruebas.
- ✚ Recomendar acciones de mejoras para la gestión de calibración y control de los equipos de medición y pruebas existentes.

Como se pudo establecer anteriormente, un equipo de medición es capaz de supervisar una actividad de interés, en nuestro caso el sistema de telefonía móvil. En este sentido al hablar de equipos de medición, se hace referencia a diferentes tipos de equipos, los cuales son capaces de realizar mediciones relacionadas con los sistemas radiantes. En términos generales estos equipos son capaces de realizar mediciones tales como:

- ✚ Transmisión de datos
- ✚ SWR
- ✚ Pérdidas por retorno
- ✚ Potencia en la transmisión de las señales
- ✚ Pérdidas en la guía de onda

- ✚ Distribución espectral de señales
- ✚ Analizar tramas E1 y T1
- ✚ Modulador y demodulador de AM/FM
- ✚ Escanear canales
- ✚ Medir voltaje y corriente AC/DC
- ✚ Medir BER
- ✚ Analizar protocolos para redes WAN

Muchos de estos equipos tienen la particularidad de ser equipos de una única función, mientras que otros poseen varias funciones y lo que es mejor aun, algunos de ellos son equipos multifuncionales, es decir, tienen integradas todas las funciones para realizar las mediciones.

1.1 Preliminares

En la actualidad a nivel mundial las normas ISO 9000 son requeridas, debido a que garantizan la calidad de un producto mediante la implementación de controles exhaustivos, asegurándose de que todos los procesos que han intervenido en su fabricación operan dentro de las características previstas. La normalización es el punto de partida en la estrategia de la calidad, así como para la posterior certificación de la empresa.

El proceso de certificación de productos o equipos para empresas de telecomunicaciones tiene como puntos relevantes:

- ✚ Asegurar que los proveedores de los productos o equipos cumplan los requisitos mínimos de calidad para sus productos.
- ✚ Asegurar que los productos o equipos para telecomunicaciones comercializados en el país, en particular aquellos ofertados por el comercio directamente a los clientes, tengan un estándar mínimo de calidad y de adecuación a los servicios a que se destinan.

- ✚ Asegurar que se cumplan los requisitos de seguridad y no agresión al ambiente.

Para llevar a cabo este proceso correctamente, existen en nuestro país organismos, los cuales son capaces de la supervisión y seguimiento del proceso de certificación de dichos equipos.

1.1.1 SENCAMER

“Comprende a las siglas del Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos: éste es un órgano desconcentrado, con autonomía funcional, financiera, administrativa y organizativa, de carácter técnico especial, adscrito al Ministerio de Industrias Ligeras y Comercio (MILCO).

La misión de este organismo es asegurar el funcionamiento del Sistema Venezolano para la Calidad como soporte al modelo de desarrollo socioeconómico del país y al mejoramiento de la calidad de vida del venezolano.
”[1]

Así mismo, el asegurar la calidad implica la planificación y la vigilancia de la calidad en una empresa. De esta manera, el objetivo primordial del aseguramiento de la calidad es crear confianza dentro y fuera de la empresa, así como con los clientes de la misma. De allí que, SENCAMER cuenta con una Dirección de Aseguramiento de la Calidad para ofrecerles a todos sus clientes servicios de alta confiabilidad.

En términos generales, le concierne a SENCAMER el servicio de la ejecución de la Ley del Sistema Nacional para la Calidad y la aplicación de las potestades y competencias referentes a la ejecución de las políticas de calidad, fijadas por el Ministerio de la Producción y el Comercio (MPC), para el cumplimiento de lo

establecido en la Ley del Sistema Nacional para la Calidad y la Ley de Metrología.

1.1.2 FONDONORMA

Es una Asociación Civil, cuya función es promover las actividades de Normalización y Certificación de la Calidad con la intención de estimular la competitividad del sector productivo venezolano.

De allí, que la certificación de productos y sistemas de gestión de la calidad están acreditadas por SENCAMER y también por organismos miembros del Internacional Acreditación Forum (IAF), como lo son Cofrac de Francia e Inmetro de Brasil.

En términos generales, este organismo tiene como tarea promover y realizar actividades de normalización y certificación, con el propósito de mejorar la calidad y competitividad de los sectores productivos y prestadores de servicios del país tanto públicos como privados. En este sentido, este cuerpo también participa activamente para fortalecer el desarrollo del Sistema Venezolano para la Calidad en todos aquellos subsistemas que requieran su concurso (reglamentaciones técnicas, metrología, acreditación, ensayos y otros).

Del mismo modo, este organismo entre una de sus actividades se encarga de la elaboración, edición y aplicación de normas.

“La Normalización es una actividad de conjunto, orientada por un compromiso de alcanzar el consenso que equilibre las posibilidades del productor y las exigencias o necesidades del consumidor.”[2]

En efecto, la normalización cubre cualquier material, componente, equipo, sistema, interfaz, protocolo, procedimiento, función, método o actividad.

De esta manera, la actividad de Normalización en FONDONORMA se ejecuta en analogía a lo establecido por la Organización Internacional para la Normalización, ISO. Es así como, se desarrolla a través de Comités Técnicos estratégicos como son: Construcción; Petróleo, Gas y sus derivados; Electricidad y Electrónica; Química; Metrología; Mecánica; entre otros. En éstos participan el sector oficial, el sector industrial, los institutos de investigación, las universidades, los consumidores y en general, todo aquel que esté interesado en el proceso de elaboración de normas.

1.1.3 Normas Internacionales

Son las normas que han sido elaboradas por un organismo internacional de normalización. Las más representativas por su campo de actividad y de nuestro interés para el desarrollo de este proyecto son:

- 🌐 ISO (Organización Internacional para la Normalización)

- 🌐 IEC (Comité Electrotécnico Internacional)

- 🌐 ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

1.1.4 Certificación

“La certificación es la acción que ejecuta un organismo reconocido e independiente de las partes interesadas, mediante la cual se pone de manifiesto que un producto, proceso o servicio está conforme con una norma o requisitos permanentes especificados.”[3]

Dada la multiplicidad de productos y servicios existentes en el mundo entero, así como el creciente intercambio comercial entre los países y el consecuente dinamismo de los mercados, se impone la certificación como procedimiento imprescindible en señal de calidad, elemento fundamental para fabricantes y

proveedores de bienes y servicios, en razón de la fuerte competencia existente y la necesidad de lograr posición en mercados locales, nacionales e internacionales.

Es por eso que las certificaciones de productos y servicios hoy día traspasan las fronteras y su reconocimiento es mundial en algunos casos y regional en otros, al demostrar la conformidad con normas internacionales o de un país en particular, asegurando con ello un intercambio comercial justo y confiable.

En efecto, al conceder esta certificación, FONDONORMA declara la aprobación del sistema de gestión de la calidad de una empresa con los requisitos establecidos en la Norma ISO 9001. La implementación y certificación del sistema de gestión de la calidad comprende una serie de oportunidades para el mejoramiento continuo de la empresa desde el punto de vista de sus procesos, sus productos y servicios.

Las certificaciones ISO 9001 otorgadas por FONDONORMA, están avaladas por las acreditaciones internacionales de Cofrac de Francia e Inmetro de Brasil, miembros del Internacional Acreditación Forum (IAF), y por la de SENCAMER.

FONDONORMA es el representante por Venezuela ante la Organización Internacional para la Normalización, ISO.

1.1.5 ISO 9000

ISO es la denominación con la que se conoce a la International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización), que se dedica a promover, en todo el mundo, la estandarización mediante la aplicación de normativas en todas las organizaciones, para hacer posible el intercambio internacional de bienes y servicios.

Estas normas pueden aplicarse prácticamente en cualquier compañía, desde fabricantes de productos hasta proveedores de servicios. No están diseñadas

especialmente para un producto o industria determinada. La serie de normas de ISO 9000 consta de requisitos y directrices que permiten establecer y mantener un sistema de calidad en una compañía o empresa.

Cabe advertir que, en lugar de dictar especificaciones para el producto final, las Normas ISO 9000 se centran en los procesos característicos, es decir, en la forma en que se produce. Estas normas requieren de sistemas documentados que permitan controlar los procesos que se utilizan para desarrollar y fabricar los productos. Estos tipos de normas se fundamentan en la idea de que hay ciertos elementos que todo sistema de calidad debe tener bajo control, con el fin de garantizar que los productos y servicios de calidad se fabriquen en forma consistente y a tiempo.

Por consiguiente, dentro de los distintos modelos de normativas aplicables a las empresas, la normativa ISO 9001 es de aplicación en aquellas compañías que diseñan, fabrican y dan servicios sobre sus productos.

De esta manera, la normativa consta de una serie de cláusulas, cada una de las cuales establecen los requisitos para las diferentes áreas del sistema de gestión de la calidad de la empresa. Se trata de principios básicos en la gestión de la calidad orientados a la mejora del funcionamiento de una organización, aplicables sobre los aspectos organizativos de una empresa, en la búsqueda de la mejora de los productos y servicios para obtener como objetivo final la satisfacción del cliente.

La certificación en la norma 9001, es un documento con validez legal, expedido por una entidad acreditada. Y que certifica, que la empresa u organización cumple las más estrictas normas de calidad, en aras a una mejora de la satisfacción del cliente.

Las certificaciones, son concedidas si se cumplen los requisitos determinados por la empresa y la compañía de certificación, en la figura 1.1 se muestra el proceso para la obtención de la certificación

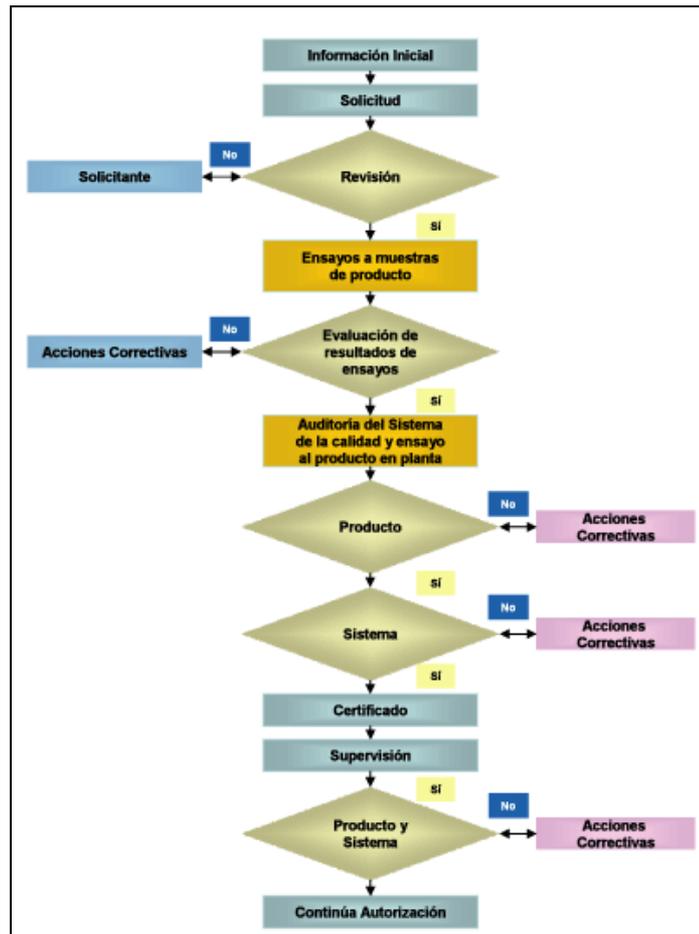


Figura 1.1 Proceso para la obtención de la certificación

1.1.6 Acreditación

Según la Ley del Sistema Venezolano para la Calidad, la acreditación “es el procedimiento por el cual un organismo autorizado otorga reconocimiento formal a un organismo competente para efectuar tareas específicas”. Así mismo, para el Centro de Comercio Internacional “la acreditación es un reconocimiento formal de la competencia”. En este sentido, la acreditación se aplica a laboratorios, organismos de inspección y organismos de certificación.

En esta dirección, la acreditación es la declaración otorgada por una tercera parte (Dirección de Acreditación de SENCAMER) a un organismo de la evaluación de la conformidad, indicando una demostración formal de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad

En este sentido, el único ente que puede acreditar en Venezuela es SENCAMER a través de la Dirección de Acreditación, la cual se encuentra encargada de verificar la competencia de los organismos de evaluación de la conformidad (laboratorios y organismos certificadores), a través de comprobaciones independientes e imparciales, capaces de promover confianza que impulsen el comercio nacional e internacional.

¿Quiénes pueden ser acreditados en Venezuela?

Laboratorios de Ensayo

Son aquellos capaces de determinar una o más características de un producto, proceso o servicio, siguiendo un procedimiento especificado.

Laboratorio de Calibración

Son aquellos capaces de establecer, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicadas por un instrumento o sistema de medición o valores, representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores realizados por patrones.

Para las entidades de acreditación de laboratorios la principal referencia internacional es la Conferencia Internacional sobre Acreditación de Laboratorios de Ensayo (ILAC).

Entes de Certificación

Organismo que es capaz de certificar por escrito que un producto, proceso o servicio está conforme con los requisitos especificados en normas internacionales.

La organización internacional encargada de dictar políticas en el ámbito de la acreditación de Organismos Certificadores, es el Foro Internacional de Acreditación (IAF).

Considerando lo señalado anteriormente, los laboratorios de calibración son entes aspirantes a ser acreditados, y en consecuencia estos pueden ser certificadores de alguna empresa u organización que así lo requiera. En este sentido y tomando en consideración lo anterior, para el desarrollo de este proyecto no se hará énfasis en los laboratorios de calibración, sino más bien, se hará un enfoque en la gestión de calibración y seguimiento de los equipos de medición y prueba bajo los lineamientos establecidos por la Norma ISO 9000.

Por consiguiente, al hablar de calibración y seguimiento de equipos de medición y pruebas, es necesario conocer ciertos términos, los cuales serán vitales para entender de forma clara y precisa los alcances de este trabajo.

1.2 Definiciones Básicas.

1.2.1 Calibración

La calibración es la determinación y documentación del desvío de la indicación de un instrumento de medición (o del valor característico asignado a una medida realizada) respecto del valor convencional “verdadero” de la magnitud medida.

1.2.2 Incertidumbre de la Medición

“Es el parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pudiese ser atribuida a la magnitud a medir”[4]. En términos generales significa, la duda en la validez del resultado de una medición, proveniente del equipo de medición y su calibración, del operador del equipo, del método de medición y del medio ambiente, entre otras cosas.

En efecto, existen dos tipos de incertidumbre, tipo A y B. La estimación de la incertidumbre tipo A, se realiza utilizando métodos estadísticos, a partir de mediciones repetidas, realizadas por el personal encargado del manejo de los equipos. La estimación de la tipo B se basa en los valores de la incertidumbre determinados en la calibración y la resolución del equipo.

1.2.3 Repetibilidad

“Grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud a medir llevadas a cabo bajo las mismas condiciones.”[5]

1.2.4 Reproducibilidad

“Grado de concordancia entre el resultado de mediciones de la misma magnitud a medir, llevadas a cabo bajo distintas condiciones.”[6]

1.2.5 Trazabilidad

El término trazabilidad se refiere a un proceso en el que la indicación de un instrumento de medición puede, en una o más etapas, compararse con el patrón original de la magnitud en cuestión.

La trazabilidad se caracteriza por un número esencial de elementos:

- ✚ *Una cadena ininterrumpida de comparaciones;* que llega a un patrón aceptable para las partes, comúnmente un patrón nacional o internacional.

- ✚ *Incertidumbre de medición;* la incertidumbre de medición para cada escalón de la cadena de trazabilidad debe calcularse de acuerdo con métodos definidos y estar establecida tal que pueda establecerse una incertidumbre total para toda la cadena.

- ✚ *Documentación*; cada paso de la cadena debe realizarse en acuerdo con procedimientos documentados y conocidos; los resultados deben documentarse del mismo modo;
- ✚ *Competencia*; los laboratorios u organismos que realicen uno o más pasos de la cadena deben proveer evidencia de su competencia técnica (por ejemplo, demostrando que se encuentran acreditados).
- ✚ *Unidades referidas al SI*; Los patrones “apropiados” deben ser los patrones primarios del Sistema Internacional de Unidades.
- ✚ *Recalibraciones*; las calibraciones deben repetirse a intervalos adecuados; La duración de estos intervalos depende de diversas variables (por Ej.: incertidumbre requerida, frecuencia de uso, modo de uso, estabilidad del equipo, etc.)

1.2.6 Criterios de Aceptación

El criterio de aceptación es la precisión mínima requerida o las características específicas de funcionamiento necesarias para que los resultados obtenidos en las mediciones, puedan garantizar la adecuación del sistema de mediciones.

Estos criterios se deben definir por medio de comparaciones provenientes de los resultados de la incertidumbre, así como de los cálculos de la repetibilidad y reproducibilidad.

En lo que respecta, al criterio de aceptación para el cálculo de incertidumbre, se debe establecer una comparación entre la tolerancia de los equipos y la incertidumbre previamente calculada (tipo A y B). Sin embargo, para establecer un criterio de aceptación con respecto a la repetibilidad y reproducibilidad (R&R), se utilizan los gráficos de control de Shewart.

Cabe advertir que, existen diferentes tipos de Gráficos de Control; Gráficos X-R, Gráficos C, Gráficos np, Gráficos Cusum, entre otros. No obstante, para efectos de este trabajo, sólo se utilizaran los Gráficos X-R. En este sentido, cuando se habla de Gráficos X-R, se hace referencia a dos tipos de gráficos; el de control para la media o gráfico \bar{X} y el de control para el recorrido o gráfico R. La figura 1.2, muestra un ejemplo de un gráfico de control, bien sea tipo \bar{X} o tipo R

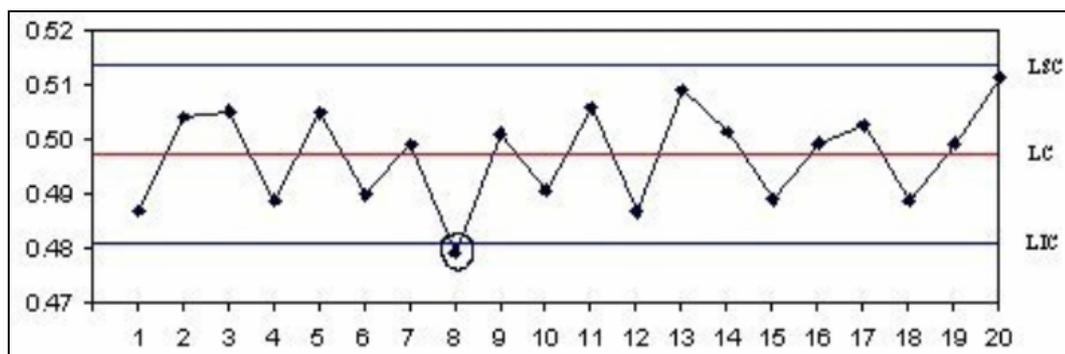


Figura 1.2 Gráfico de control X-R

Este gráfico (Figura 1.2) permite monitorizar la estabilidad de un proceso de suministro de un servicio. Este, representa a lo largo del tiempo el estado del proceso que se está monitorizando. Es decir, en el eje X se indica el número de muestras, mientras que el eje Y representa algún indicador de la variable cuya calidad se desea medir (\bar{X} o R). Además se incluyen otras dos líneas horizontales: los límites superior e inferior de control (LSC y LIC).

El objetivo de calcular dichos parámetros (\bar{X} o R), tiene como finalidad verificar la estabilidad del sistema de mediciones: método de medición, operador y equipo. En efecto, se pretende evaluar la concordancia entre los resultados llevados a cabo por un mismo operador y un sitio de operación, así como la concordancia entre los resultados llevados a cabo por diferentes operadores en sitios diferentes de operación con equipos distintos (mismo modelo). Si los resultados no son los esperados se requiere el análisis del sistema y la correspondiente aplicación de una acción correctiva.

Un sistema eficaz de gestión de calibración asegura que los equipos y los procesos de medición son adecuados para su uso previsto y es importante para alcanzar los objetivos de la calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo de un plan de calibración es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición pudieran producir resultados incorrectos que afecten a la calidad del producto de la empresa.

Por consiguiente, los procesos de medición que son parte del plan de calibración, deben ser planificados, validados, implementados, documentados y controlados. Las magnitudes de influencia que afecten a los procesos de medición deben ser identificadas y consideradas.

Así mismo, hay que tomar en consideración la especificación completa de cada uno de los procesos de medición, los cuales deben incluir la identificación de todos los equipos pertinentes, procedimientos de medición, software para la medición, condiciones de uso, aptitud del operador y todos los factores que afecten a la fiabilidad del resultado de la medición. El control de los procesos de medición debe llevarse a cabo de acuerdo con procedimientos documentados.

Por otro lado, los proveedores de los equipos deben ser evaluados y seleccionados basándose en su capacidad para cumplir los requisitos documentados. Se deben definir y documentar los criterios para su selección, seguimiento y evaluación, y registrar los resultados de la evaluación.

Con la planificación para la calibración y control de los equipos de medición y pruebas que conforman la red de telefonía móvil y cumpliendo con las normas ISO 9001:2000, entre otras, y los parámetros establecidos por CONATEL en cuanto a calidad de servicio, se garantizará el cumplimiento de las necesidades y exigencias de los usuarios.

El control, la calibración y el mantenimiento de los equipos de medición y pruebas aseguran la corrección de las mediciones en todo el proceso de producción.

CAPÍTULO II

LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Telecomunicaciones Movilnet desde sus comienzos hasta la actualidad ha venido evolucionando en cuanto a tecnología y técnicas de acceso al medio. Cada año se ha esforzado por incorporar un mayor número de usuarios al servicio, por lo cual ha tenido que aumentar el número y tipo de equipos en su plataforma y con ello mejorar la calidad de su operación y servicio. No obstante, dicha evolución ha implicado ciertos cambios tanto en la parte comercial como en la parte operacional de la empresa, esto ha llevado a que la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas de Movilnet también haya sufrido algunos cambios, y en consecuencia se han creado nuevas Direcciones y dentro de estas direcciones nuevas Gerencias, es de allí que se crea la Dirección de Operación y Mantenimiento y dentro de ésta, nace la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento.

Una vez creada la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de O&M, a la misma le fue asignada la responsabilidad en cuanto a logística y administración de recursos de todas las Gerencias pertenecientes a la Dirección de O&M, entre otras. Dentro de estas Gerencias se encuentra, la coordinación de red de acceso, también conocido como los Centros de Operación y Mantenimiento de la Red (COM). Cabe destacar que cada COM tiene bajo su responsabilidad cierto número de estaciones o también conocida como radiobases, dependiendo de su ubicación geográfica y personal disponible para atender estas radiobases.

Del mismo modo, la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de O&M entre las responsabilidades asignadas, relacionadas con los COM'S y las demás Gerencias le corresponde llevar el control y supervisión de los equipos de medición y prueba. Sin embargo, durante el desarrollo de este proyecto sólo se hará énfasis en las Gerencias pertenecientes a la Dirección de O&M, específicamente la coordinación de Red de Acceso.

Es importante acotar, que la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de O&M por tener todas estas responsabilidades, debe trabajar en conjunto con la Gerencia encargada del control de los bienes de la empresa. Esta última se le conoce con el nombre de Gerencia de Activos de la Red. La misma es la encargada de la supervisión y control de todos los equipos y bienes pertenecientes a la Empresa Telecomunicaciones Movilnet. Esta gerencia lleva el control y supervisión de los activos de la empresa, a través de la herramienta llamada SAP y con la ayuda de una nomenclatura única designada por esta gerencia para cada lugar de operación o puesto de trabajo.

“**SAP AG** (*Systeme, Anwendungen und Produkte* (Sistemas, Aplicaciones y Productos), es el primer proveedor de aplicaciones de software empresarial en el mundo.

SAP, como empresa, mercadea un conjunto de aplicaciones de software para soluciones integradas de negocios, entre ellas mySAP Business Suite, que provee soluciones escalables que permite mejorar continuamente con más de 1,000 procesos de negocio consideradas las mejores prácticas empresariales. Usando soluciones de SAP, las organizaciones de todos los tamaños pueden reducir costos, mejorar su funcionamiento, y ganar agilidad para responder a las necesidades cambiantes del negocio.”[7]

La nomenclatura antes mencionada es asignada por la Gerencia de Activos a cada puesto de trabajo, depósitos o a cada COM, a la misma se le conoce con el nombre de; Ubicaciones Técnicas. De allí, que se puede identificar la ubicación geográfica exacta de cada activo perteneciente a la empresa.

Actualmente la Empresa Telecomunicaciones Movilnet tiene a su disposición veintiocho (28) COM'S distribuidos estos a nivel nacional, en los cuales se encuentran gran parte de los equipos de medición y prueba. Sin embargo, existen otras Direcciones que también poseen equipos de medición y prueba. A pesar de ello, de aquí en adelante y durante el desarrollo de este proyecto sólo se hará

referencia a los equipos de medición y prueba pertenecientes a la Coordinación de red de acceso o como se mencionó anteriormente, los equipos concernientes a los COM.

Estos equipos de medición se calibraron al momento de ser instalados o adquiridos por la empresa, pero con el pasar del tiempo, los mismos tienden a sufrir una degradación natural, ya que no existe un proceso de monitoreo y control para mantener en óptimo estado los equipos que conforman la red.

En este sentido, la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas de Movilnet se encuentran en proceso de implantación de un sistema de gestión de calidad basado en las normas las normas ISO 9001:2000. Es de allí que surge la necesidad de Planificar la calibración de los equipos de medición y pruebas que afecten la calidad de la red, así como los procedimientos de control de dichos equipos; tomando en consideración los lineamientos establecidos en el Sistema de Gestión de Calidad basado en las normas ISO 9001:2000 y las regulaciones de CONATEL.

De acuerdo con lo planteado anteriormente y como punto de partida, se establecieron reuniones con los distintos proveedores de los equipos de medición y prueba, esto con el objetivo de tener la información veraz sobre la trazabilidad de los equipos, así como su estatus en cuanto al soporte técnico y garantías que dichos proveedores pudieran prestar a la empresa. Del mismo modo, dichos proveedores proporcionaron una lista de los equipos adquiridos por esta empresa con sus respectivos seriales de fábrica y el estatus respectivo de cada equipo.

De esta manera, al establecer las reuniones con los proveedores se logró determinar la cantidad exacta de los equipos de medición que se encuentran dentro de la Vicepresidencia de Operaciones, más no así la ubicación exacta de los equipos dentro de la misma. Es por ello que surgió la necesidad de realizar visitas técnicas a los lugares de operación, es decir, a los COM'S. Esto, con el propósito de realizar un reconocimiento físico de dichos equipos, así como

verificar el número de serial del fabricante, y así poder cerciorarse de la data proporcionada por los proveedores.

Es de suma importancia reconocer que para la implantación del sistema de gestión de calibración de los equipos de medición y prueba es necesario tener un control sobre el estado, condiciones y operatividad de estos equipos. En este sentido, fue indispensable tener un contacto de manera directa con el personal que labora en los COM'S, ya que los mismos, eran quienes podían proporcionar información sobre las condiciones en las que se encuentran estos equipos. Esta acción se tomó en consideración como punto de partida para este proyecto, considerando que existen otros factores que se tomarán en cuenta para el plan de calibración, los cuales se mencionarán durante el desarrollo de los próximos capítulos.

Actualmente los COM'S se encuentran distribuidos en cinco (05) Gerencias: (a) Gerencia O&M Región Capital Sureste, (b) Gerencia O&M Región Capital Noroeste, (c) Gerencia O&M Región Centro Occidente, (d) Gerencia O&M Región Nor y Sur Occidental, (e) Gerencia O&M Región Nor y Sur Oriental.

En la figura 2.1, se muestra en detalle la ubicación geográfica de los COM'S pertenecientes a la región capital, mientras que en la figura 2.2 se muestra en detalle la ubicación geográfica de los COM'S pertenecientes a la región del Centro del País, así mismo la figura 2.3 muestra en detalle la ubicación geográfica de los COM'S pertenecientes a la región Occidental y finalmente la figura 2.4 muestra en detalle la ubicación geográfica de los COM'S pertenecientes a la región oriental.

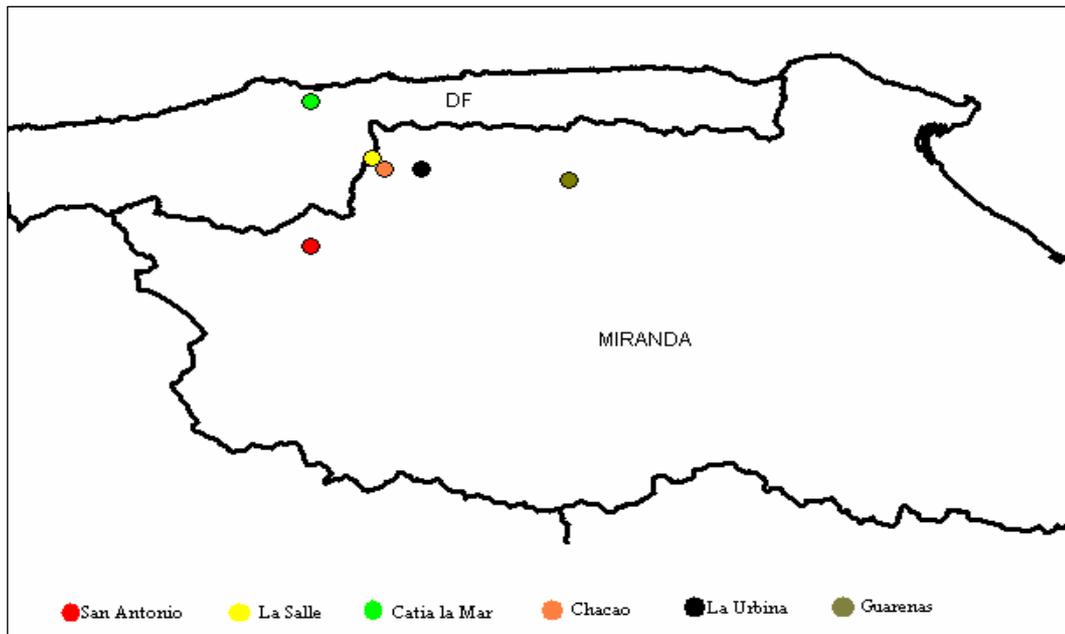


Figura 2.1 Localización de los comúns en la región capital noreste y sureste

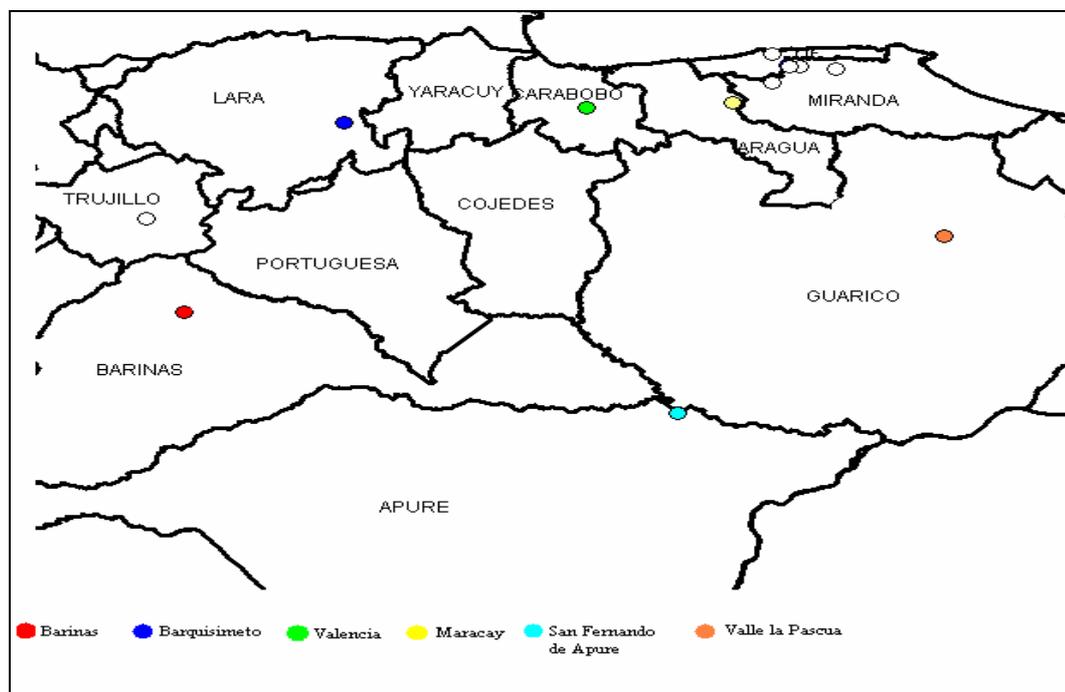


Figura 2.2 Localización de los comúns en la región centro occidental

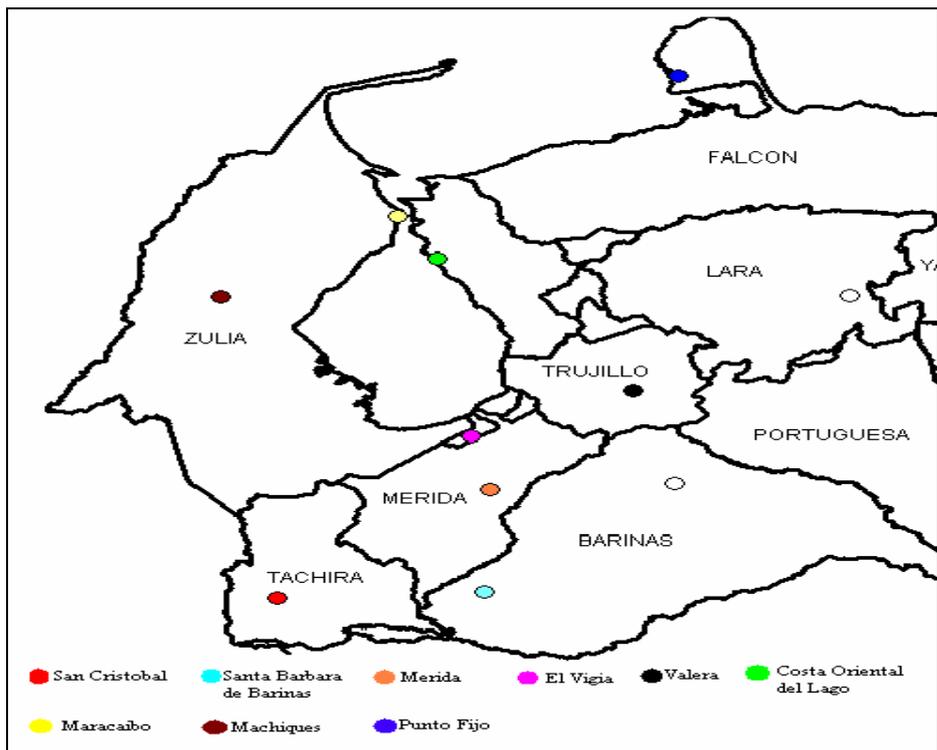


Figura 2.3 Localización de los comarcas en la región nor y sur occidental

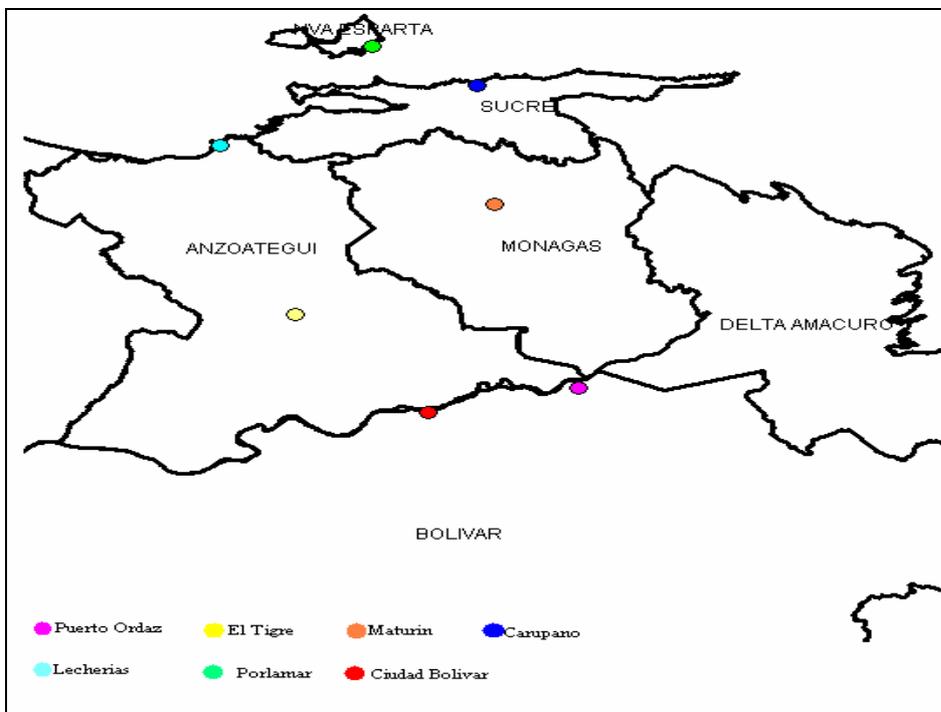


Figura 2.4 Localización de los comarcas en la región nor y sur oriental

La visita a los centros de operación y mantenimiento comenzó por la región capital, luego se visitó la región centro occidental y finalmente la de oriente y occidente. Es a partir de los datos obtenidos en dichas visitas de donde se pudo comenzar un análisis, en cuanto a la cantidad, condiciones y tipos de equipos encontrados en los diferentes COM'S.

2.1 Equipos de medición y pruebas de campo

En este sentido, de los equipos de medición y prueba hallados en los centros de control (COM'S), existen una gran variedad en cuanto a modelos y marcas de fabricantes, entre las cuales tenemos: (a) Anritsu, (b) Agilent o Hewlett Packard, (c) Wavetek, (d) Fluke, (e) TTC, (f) LCC, (g) Hagenuk, (h) Bird Electronic Corporation, (i) Progressive Electronics, (j) Wandel & Goltermann, (k) Garmin.

En esa misma línea, la descripción de los diferentes equipos antes mencionados se hará en función de los diferentes fabricantes.

2.1.1 Anritsu

Atendiendo a los equipos Anritsu, se encontraron los siguientes modelos:

-  Site Master S113B
-  Site Master S332B
-  Site Master S331A
-  Cell Master MT8212B

El Site Master S113B y S331A son equipos analizadores de sistemas radiantes, es decir, son analizadores de antenas, medidor de SWR, de pérdidas por retorno y de pérdidas en las líneas de transmisión y localizador de fallas en los sistemas de antenas, también poseen un software para ser sincronizado con la computadora. El S113B posee una frecuencia de trabajo en el rango de 5-1200 MHz, mientras que el S331A trabaja con una frecuencia de 25-3300 MHz

El Site Master S332B posee las mismas funciones que el S113B y adicionalmente este equipo es analizador de espectro y su rango de frecuencia de trabajo es 25-3300 MHz y para análisis de espectro trabaja bajo un rango de frecuencia de 100KHz-3000MHz. La figura 2.5 muestra en detalle el modelo de equipos Site Master.



Figura 2.5 Fotografía de equipo site master

El Cell Master MT8212B es un equipo multifuncional, es decir, posee las mismas funciones que los equipos anteriores, sin embargo se dice que es multifuncional, ya que además de las funciones antes descritas, este equipo también puede ser demodulador de AM/FM, medidor de potencia, escaneador de canales, analizador de interferencias, analizador de tramas E1 y T1, también posee una opción para tomar medidas tanto en CDMA como en GSM, a través de la cual el usuario puede observar cómo se está transmitiendo la señal. El Cell master demodula las señales de CDMA a través de la conexión a la radiobase o simplemente a través del aire por medio de una antena. Cuando hablamos de CDMA nos referimos a las diferentes tecnologías existentes como los son; CDMA One, CDMA 2000 1XRTT, CDMA 2000 1XEV-DO. Es importante aclarar que las mediciones a través del aire (Figura 2.6) se realizan por medio de un GPS que posee internamente el Equipo de medición. La figura 2.6 y 2.7 muestra el equipo Cell Master MT8212B en sus dos modos de realizar las mediciones.



Figura 2.6 Equipo cell master conectado a la estación a través del aire

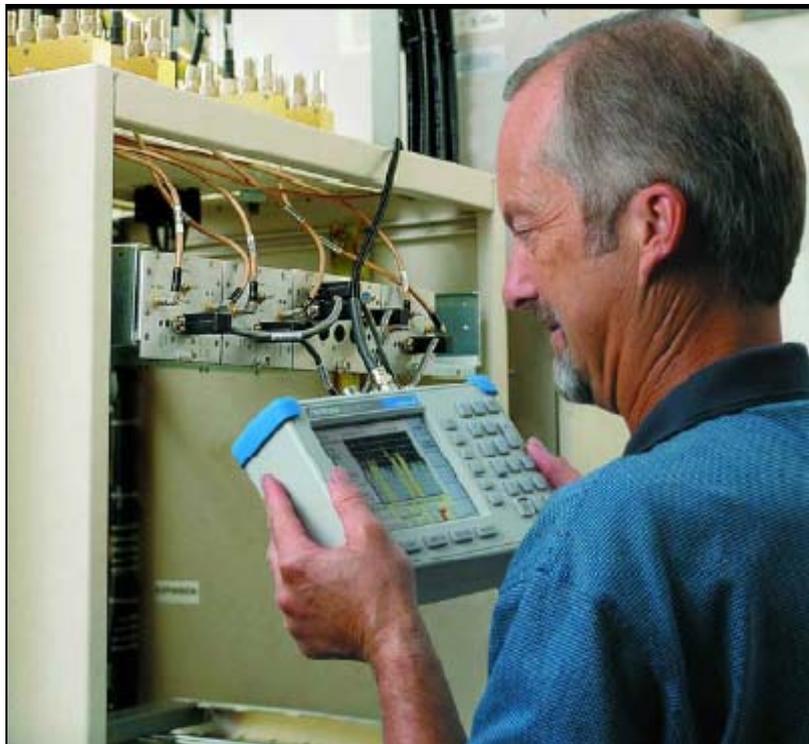


Figura 2.7 Equipo Cell Master conectado a la estación por medio de cable

2.1.2 Agilent o Hewlett Packard

En el caso particular de los equipos de la marca Agilent o Hewlett Packard, también se encontró gran proporción con respecto a sus diferentes modelos, entre los cuales se tienen:

- 🚦 8920 A Rf communication Test Set
- 🚦 37732 A Telecom/Datacom Analyser
- 🚦 8921 A Cell Site Test set
- 🚦 435B Power Meter
- 🚦 4957 A Protocol Analyzer
- 🚦 83201 A Dual Mode Cellular Adapter
- 🚦 8752 A Network Analyzer
- 🚦 83204 A TDMA/CDPD Cellular Adapter
- 🚦 4934 A Transmission Impairment Measuring Sets(Tims)
- 🚦 4936 A Transmission Impairment Measuring Sets(Tims) /Bit Error Rate Test Set (BER)
- 🚦 5382 A Frequency Counter
- 🚦 8112 A Pulse Generator
- 🚦 8562 B Spectrum Analyzer
- 🚦 8590 B Spectrum Analyzer
- 🚦 5347 A Counter/ Power Meter
- 🚦 54600 A Oscilloscope 2 CH

8920A: Es un equipo de uso frecuente, entre sus principales características están: analizador de espectro con un rango de trabajo de 30MHz a 1GHz, generador de señales AM/FM, analizador de modulación para AM así como para FM, medidor de potencia en RF, medidor de voltaje AC/DC, osciloscopio digital, contador de frecuencia, entre otras. Es utilizado para trabajar sólo con la tecnología TDMA.

37732A: Es un equipo al igual que el anterior de gran utilidad en el proceso de monitoreo que se ejecuta en la red de acceso. Entre sus principales características

tenemos: Es un equipo capaz de analizar la trama bajo los protocolos V.24, V.35 y V.11/X.21 con una tasa de 2 Mbps. También es capaz de realizar medidas para obtener la tasa de bits errada (BER).

8921A: Es muy semejante al 8920 A, sin embargo posee algunas características adicionales, tales como: codificador y decodificador de señales, medidor de corriente DC, capaz de realizar medidas en TDMA, CDMA, CDPD o PCS, medidor de potencia de canales adyacentes, medidor de distorsión, entre otras.

435B: Es un equipo de carácter analógico, el cual a diferencia de los anteriores posee una función única, es un medidor de potencia con un rango de trabajo entre -65dBm y +44 dBm.

El analizador del protocolo 4957A es un analizador portátil, fácil de utilizar, el mismo apoya todas las interfaces y protocolos importantes. Este analizador es utilizado para redes WAN. Cabe destacar que el 4957A descifra y simula protocolos, así como también determina el BER a 64 Kb/s.

El adaptador celular 83201A del modo dual de las tecnologías de Agilent es utilizado por separado, este permite que el equipo 8920A de Agilent trabaje bajo un sistema de prueba de modo dual NADC. El 83201A agrega al 8920A un generador de señal de $\pi/4$ DQPSK, un analizador de modulación $\pi/4$ DQPSK, una fuente de datos, y un analizador BER.

8752A: es un analizador de redes de 300KHz hasta 1.3GHz, éste posee una pantalla a color, con el mismo se pueden establecer medidas vectoriales. Con dos canales independientes disponibles, se pueden medir simultáneamente las características de reflexión y transmisión del dispositivo bajo prueba. Los datos se pueden mostrar en registros, magnitudes, magnitudes lineales, SWR, fase, números polares, reales, o formatos Smith.

83204A: es un equipo con capacidades de prueba análogas y digitales, fácil instalación con visualizaciones gráficas, señal de generación y análisis Pi/4 DQPSK, medidas de TDMA/CDPD, también es generador de señal Pi/4 DQPSK, así como analizador de Pi/4 DQPSK, toma medidas de tasa de bits errada (BER). Cabe destacar que este equipo es utilizado como adaptador para el 8921A y así complementar sus funciones.

4934A Transmission Impairment Measuring Set (TIMS): es considerado para mejorar la instalación y mantenimiento de compañías telefónicas y proveedores de servicio por su facilidad de empleo y portabilidad. Cubre una amplia gama de circuitos análogos con un ancho banda de 1-110kHz. También ayuda a verificar otros parámetros tarifados de compañías de teléfono y trabaja con otros Tims o equipos de prueba automático en la red. En líneas generales este equipo es capaz de verificar el cableado y las conexiones. Sin embargo existe otro equipo muy similar cuyo número de partes es 4936A, dicho equipo posee las mismas características que el 4934A con la salvedad que éste puede determinar el BER (tasa de bits errada).

El contador de frecuencia 5382A trabaja en el rango de frecuencia de 10MHZ a 225MHZ, sin embargo este equipo es poco utilizado por el personal de red de acceso. Por otra parte el mismo se encuentra discontinuado por parte del proveedor.

HP 811A: Es generador de pulso completamente programable de 50MHz con 5 ns de transición y una amplitud máxima de salida de 32 Vpp (en circuito abierto). Este equipo al igual que el 5382A es utilizado con muy poca frecuencia por el personal que labora en la red de acceso.

8590 B y 8562 B: son equipos cuya función es: analizador de espectro con un rango de frecuencia de trabajo de 9KHz a 1.8GHz y 1KHz a 22GHz respectivamente, ambos equipos al igual que el anterior es poco utilizado por el personal de red de acceso.

5347A: es un medidor de potencia con un rango de trabajo de hasta 20GHz, pero también es utilizado para establecer medidas de microondas También es utilizado para contador de frecuencia e el rango de 10Hz a 20GHz.

54600A: es un osciloscopio de 2 canales el cual posee una frecuencia máxima de trabajo de 100MHz.

2.1.3 Wavetek

Stabilock 4032, éste es un equipo analizador de espectro con un rango de trabajo a partir de 0,4MHz a 1GHz y a hasta 2,3GHz con la opción de extensión de la frecuencia. El 4032 proporciona pruebas para Is-54(DAMPS), NAMPS, CDMA, TETRA o ETACS. En muchos casos la prueba de la estación se puede automatizar usando programas de AUTORUN. Las pruebas para Is-54/NAMPS establecen lo siguiente: medidas de potencia, analizador de espectro, potencia del canal adyacente, operaciones tanto analógicas como digitales. Para CDMA se establecen las siguientes pruebas: potencia del canal, error de fase, canal contrario de señalización, control de los códigos de potencia, tiempo y fase. Para TETRA se establece: gráficos de potencia vs. tiempo, espectro de modulación, vector de errores.

El Stabilock es utilizado con gran frecuencia en la red de acceso, con el mismo se efectúa un mantenimiento preventivo y previamente planificado sobre lo que es toda la plataforma de tecnología TDMA, específicamente las Radiobases Ericcson 884 pertenecientes a la Empresa Telecomunicaciones Movilnet. La figura 2.8 muestra en detalle el equipo Stabilock 4032.



Figura 2.8 Equipo stabilock 4032 conectado a la estación radibase

2.1.4 TTC

- ✚ Interceptor 132A
- ✚ Fireberd 6000A.

Las características de funcionamiento de TTC 132A en líneas generales se basan en tomar las mediciones sobre las tramas E1, es decir, es medidor de impedancias para interfaz de E1 (desbalanceada 75Ω , balanceada 120Ω), también es capaz de medir el BER.

Ahora bien, con respecto al Fireberd 6000A, éste es capaz de realizar mediciones de datos para interfaz V.35, posee una tasa de transmisión máxima de 52Mbits, al igual que el interceptor 132A es medidor de BER. Entre las pruebas que éste puede realizar se encuentran las mediciones sobre ATM o ISDN, el análisis de la capa física y de la capa de transmisión de datos o FRAME RELAY.

2.1.5 Bird Electronic Corporation

 4410A Wattermeter

 Bird 43.

Ambos equipos son medidores de potencia o también conocidos como powermeter. El 4410A tiene un rango de medición de 2mW a 10kW y con un rango de frecuencia de 200kHz hasta 2.3GHz. A diferencia del 4410A el Bird 43 tiene un rango de medición de 100mW a 10kW y con un rango de frecuencia de 2 hasta 1000MHz.

2.1.6 Fluke

Entre los equipos de la marca Fluke sólo se encontraron multímetros de diferentes modelos, entre los cuales se tienen: 77III, 26III, 337, 36, 177, 8060A, cabe destacar que a pesar de éstos ser de diferentes modelos poseen las mismas características en cuanto a su funcionalidad, mas no así en sus rangos de medidas. Entre las principales funciones de estos equipos están: medidor de voltaje AC/DC, de ohmios, corriente AC/DC, capacitancia, medidor de continuidad con tono de aviso, frecuencia. Por otra parte también se encontraron pinzas amperimétricas, entre sus principales funciones se pueden mencionar: voltaje AC/DC y corriente AC/DC.

2.1.7 Garmin

El GPS también es un equipo de gran importancia en la red de acceso, si embargo se encontró un solo equipo de este tipo, el cual es de la marca Garmin y su modelo es etrex, el cual es utilizado para posicionarse en cualquier sitio a través de un satélite.

2.1.8 Otras Marcas

Cabe destacar que se encontraron equipos cuyo uso es prácticamente nulo, ya que los mismos se encuentra obsoletos para ser usados en la plataforma de esta empresa, entre las marcas de fabricantes de estos equipos se encuentran LCC, Hagenuk, Progressive Electronics, Wandel & Goltermann.

2.2 Equipos de medición instalados en la plataforma de telefonía móvil

En lo que respecta a estos equipos, los mismos son los que se encuentra instalados en las radiobases o bien como se mencionó al principio del capítulo I, son los equipos de medición fijos que conforman la red de telefonía móvil. Cabe advertir que este tipo de equipos a diferencia de los anteriores, no son específicamente de comunicaciones pero forman parte de la estructura física de la plataforma de telefonía móvil. De estos, sólo se encontraron:

- ✚ Censores de temperatura
- ✚ Censores de humedad
- ✚ Detectores de incendio.

Las figuras 2.9 y 2.10 muestran en detalle los equipos de medición fijos que conforman la red de telefonía móvil de la Empresa Telecomunicaciones Movilnet.



Figura 2.9 Fotografía de Censores de temperatura y humedad



Figura 2.10 Detector de humo-fotoeléctrico y térmico

Este tipo de equipos se encuentran presentes en cada una de las estaciones o radiobases que conformen la red de telefonía móvil de la empresa, cabe destacar que, entre las funciones que éstos realizan dentro de una estación no existe diferencia de una con respecto a otra estación, Ya que los mismos son utilizados con un propósito único, el cual es simplemente detectar una falla en el medio ambiente en el cual trabajan dichas radiobases. Cuando se habla de fallas en el medio ambiente, es referente a exceso de humedad, fallas en el sistema de aires acondicionados, así como un eventual incendio que se pueda presentar en el sitio.

Sin embargo existen lugares que no necesitan la presencia de todos estos equipos a la vez, debido a las condiciones bajo la cual fueron instaladas dichas estaciones; se trata de las estaciones de interiores (Indoor) y las que se encuentran al aire libre (Outdoor).

Las estaciones de interiores se encuentran en un lugar cerrado, por lo tanto es necesaria la presencia de aire acondicionado y en consecuencia es necesario tener sensores de temperatura y más aun de humedad, así como detectores de incendio. No obstante, las estaciones que se encuentran al aire libre, no necesitan sensores de temperatura ya que es inexistente la presencia de aires acondicionados, mas sin embargo, es vital la presencia de los otros tipos de equipos.

Por otra parte, el Centro de Operaciones de la Red de Movilnet (COR) es el encargado de supervisar la red a nivel nacional, dicha supervisión está orientada a cualquier falla que ocurra en alguna estación o radiobase. Entre unas de las funciones del COR se encuentra la supervisión sobre las estaciones en cuanto a: humedad, variaciones en la temperatura y supervisión de incendios dentro de las mismas. Para que el COR pueda llevar a cabo esta actividad es necesario el buen funcionamiento de los equipos de medición y prueba instalados en la red o en las estaciones.

2.3 Clasificación de los equipos de medición y prueba.

De la data obtenida en las visita a los diferentes COM'S y para un total de 180 equipos encontrados en los diferentes sitios, se realizó una primera clasificación por marcas de fabricantes, la cual se muestra en el tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación según marca del fabricante

| Marca de Fabric. | Cantidad | % |
|---------------------------|------------|-------------|
| Anritsu | 33 | 18,3% |
| Agilent o Hewlett Packard | 76 | 42,2% |
| Wavetek | 7 | 3,9% |
| TTC | 19 | 10,6% |
| Fluke | 29 | 16,1% |
| Otros fabricantes | 16 | 8,9% |
| Total | 180 | 100% |

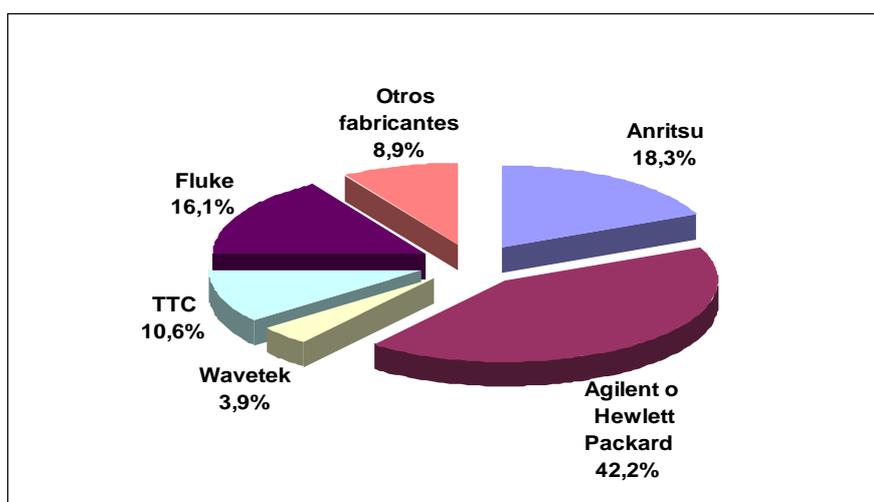


Gráfico 2.1 Clasificación según la marca del fabricante

La gran mayoría de los equipos que se encontraron en la Red de Acceso pertenecen a la marca Agilent o Hewlett Packard tal como lo demuestra el gráfico 2.1, sin embargo también existe un número importante de equipos de marca Anritsu, siendo estos últimos equipos de tecnología de punta.

Debido a que este plan de calibración se encuentra vinculado a los proveedores de los equipos de medición y prueba, es necesario considerar las condiciones que estos ofrecen a la Empresa Telecomunicaciones Movilnet en cuanto a soporte para calibración o reparación de los mismos. Una vez obtenida toda la data de los equipos proporcionada por los proveedores y considerando las condiciones de calibración de éstos, así como los datos de dichos equipos obtenidos a través de las visitas a los diferentes COM'S, se hizo una segunda clasificación de los mismos, en: equipos de medición y prueba que pueden ser calibrados, los que no se pueden calibrar y equipos fuera de servicio. Ya que existen muchos equipos que no pueden ser calibrados, bien sea porque el costo de dicha calibración sobrepasaría el propio costo del equipo o por el soporte que ofrece el proveedor. Mientras que al hacer referencia a los equipos fuera de servicio, es sobre aquellos equipos que pueden estar dañados o que sus funciones no se adaptan a las condiciones actuales de operación del sistema.

La tabla 2.2 representa la condición para comenzar el plan de calibración de los equipos de medición y pruebas. Como bien se mencionó anteriormente, existen equipos de medición y pruebas cuyo costo de calibración iguala y en algunos casos hasta excede el costo del propio equipo, es entonces en este caso donde se incluyeron los equipos no calibrables, los cuales se encuentran esquematizados en el gráfico 2.1.

Tabla 2.2 Clasificación según la condición de calibración

| Condición | Cantidad | % |
|------------------------|------------|---------------|
| Equipos calibrables | 112 | 62,2% |
| Equipos no calibrables | 62 | 34,4% |
| Fuera de servicio | 6 | 3,3% |
| Total | 180 | 100,0% |

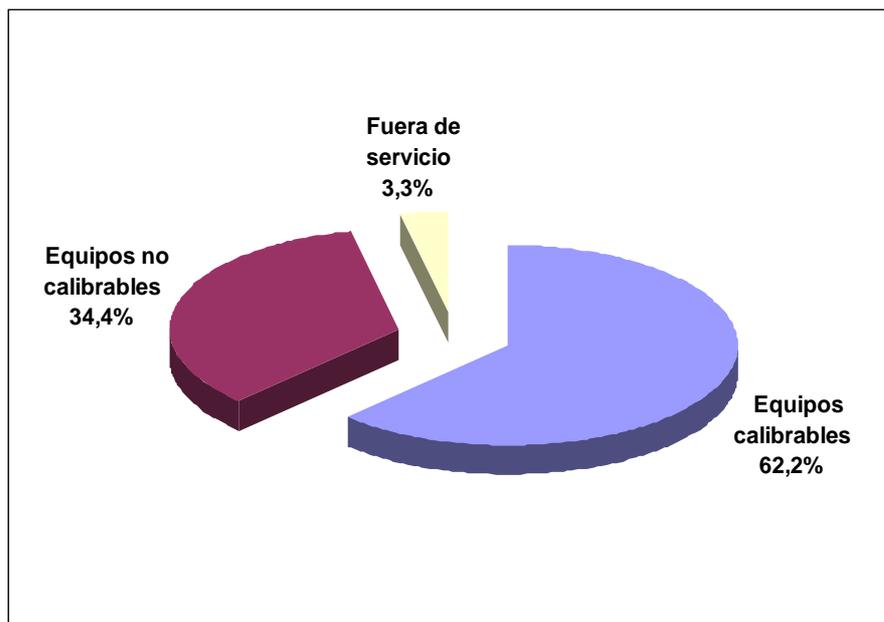


Gráfico 2.2 Clasificación según condición de calibración

Sin embargo, al considerar los equipos que pueden ser calibrados, los cuales ocupan el 62.2% del total del universo de equipos existentes en la red de acceso (gráfico 2.2), se encontró un inconveniente para comenzar el plan de calibración, ya que los datos proporcionados por los proveedores brindan información en cuanto al estatus de dichos equipos con relación a:

- ✚ Equipos discontinuados y bajo soporte
- ✚ Equipos discontinuados y fuera de soporte
- ✚ Equipos vigentes

Estos tres grupos se lograron identificar en el universo de equipos pertenecientes a la marca Agilent o Hewlett Packard, del cual se tienen un total de 76 equipos, ocupando éstos el 42.2% del total del universo de equipos existentes en la red de acceso. La tabla 2.3 muestra en detalle la cantidad y el porcentaje perteneciente a los tres grupos de la marca antes mencionada.

Tabla 2.3 Estatus según proveedor Agilent

| Estatus | Cantidad | % |
|---|-----------------|---------------|
| Equipos Descontinuados y Bajo Soporte | 46 | 60,5% |
| Equipos Descontinuados y Fuera de Soporte | 27 | 35,5% |
| Equipos Vigentes | 3 | 3,9% |
| Total | 76 | 100,0% |

Con respecto a los equipos Anritsu, los mismos suman un total de 33 equipos, ocupando éstos el 18.3% del total del universo de equipos (tabla 2.1) y su estatus de soporte por parte del proveedor es de 100% equipos vigentes. Sin embargo, los equipos de la marca Wavetek suman un total de 7, ocupando éstos el 3.9% del total del universo de equipos (tabla 2.1) y el estatus de éstos, según su proveedor es de 100% equipos descontinuados y bajo soporte. El grafico 2.3 muestra en detalle el estatus de los proveedores antes mencionados.

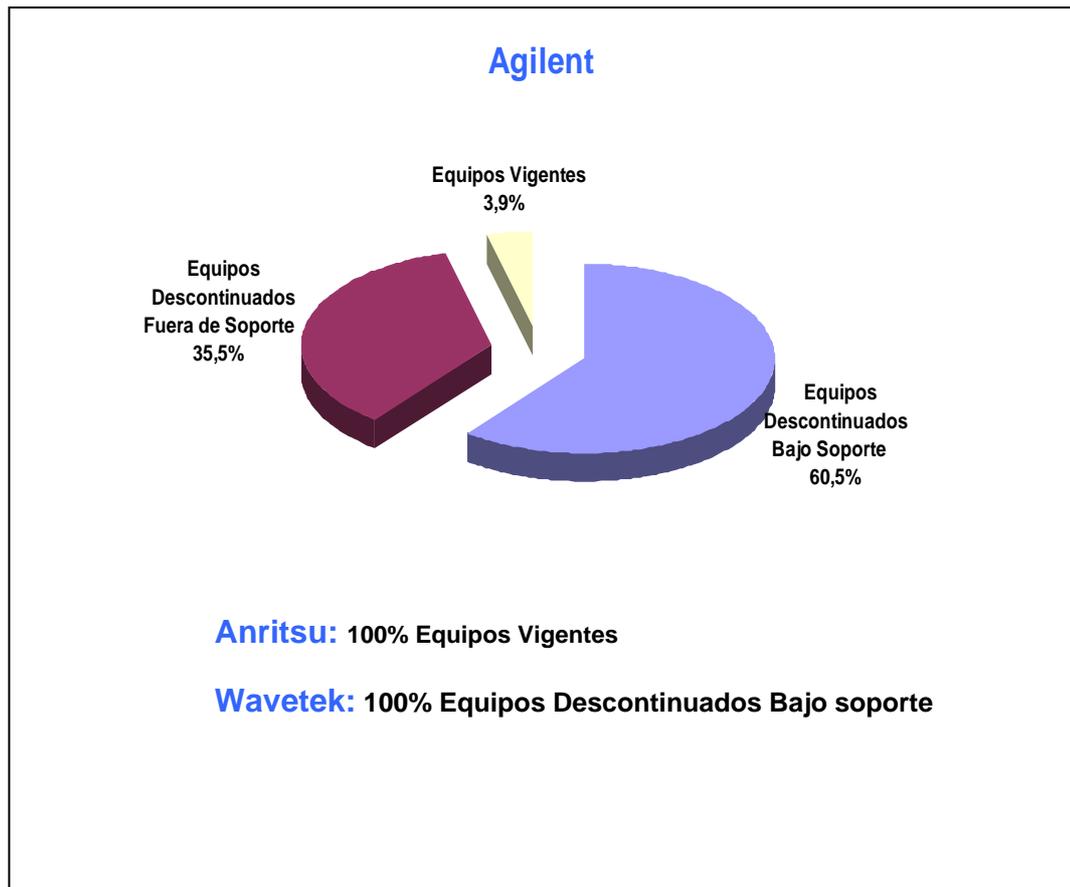


Gráfico 2.3 Clasificación según los proveedores

Los equipos discontinuados y fuera de soporte engloban un total de 27 equipos, siendo éstos el 35.5% del universo de equipos Agilent o Hewlett Packard (tabla 2.3), en líneas generales este grupo representa el 15% de total de equipos pertenecientes a la red de acceso. En este sentido, este grupo de equipos quedará excluido del plan de calibración, ya que el mismo proveedor no puede garantizar su calibración ni la reparación de ellos.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, para el plan de calibración sólo se tomarán en cuenta los equipos clasificados como; equipos de medición y prueba que pueden ser calibrados (gráfico 2.2). De allí, que el universo de equipos a ser calibrados se reducirá en un 15%. Es así como este grupo se reducirá de 112 a 95 equipos.

Ahora bien, con respecto a los equipos 83204A, el cual para efectos de esta empresa tiene como función principal, realizar mediciones de TDMA/CDPD (Cellular Digital Packet Data). Según la data proporcionada por el proveedor Agilent o Hewlett Packard, el estatus de estos equipos es; “Equipos Descontinuados y Bajo Soporte”.

A pesar del estatus presentado por estos equipos (HP 83204A), existe otro inconveniente, ya que cuando la Empresa Telecomunicaciones Movilnet decidió adoptar la tecnología, CDMA 2000 1XRTT, la misma sustituyó a CDPD, y actualmente esta empresa ha adoptado la tecnología CDMA 2000 1XEV-DO, la cual tiene la transmisión de datos a alta velocidad como unas de sus características. De acuerdo con lo planteado anteriormente esta empresa ya no utiliza la tecnología CDPD, por lo tanto los equipos HP 83204A tampoco son utilizados. En este sentido sería innecesario incluir en el plan de calibración un equipo que no se utiliza.

De esta manera, de los equipos que antes se tenían para el plan de calibración, ahora serán excluidos los HP 83204A, los cuales constituyen 12 unidades del total de equipos registrados en la red de acceso, lo cual representa el 10% del total de equipos que se representan en el gráfico 2.2, como “equipos calibrables”.

En términos generales, en principio para el plan de calibración se tenía un universo de 112 equipos, sin embargo con todo lo planteado anteriormente, este universo se redujo a 73 equipos. La tabla 2.4 y el gráfico 2.4 resumen las cantidades y porcentajes antes expuestas.

Tabla 2.4 Estatus final para ejecutar el plan de calibración

| Estatus | Cantidad | % |
|---|-----------------|---------------|
| Equipos Descontinuados y Fuera de Soporte | 27 | 24,1% |
| no utilizados (HP83204A) | 12 | 10,7% |
| Equipos Calibrables | 73 | 65,2% |
| Total | 112 | 100,0% |

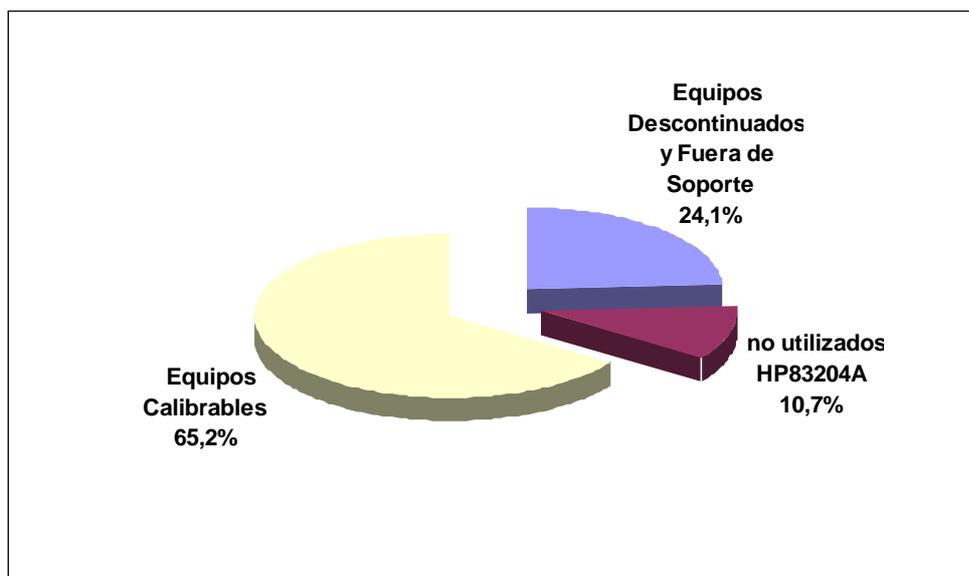


Gráfico 2.4 Estatus final para ejecutar el plan de calibración

En lo que respecta a los equipos de medición fijos que conforman la red de telefonía móvil, tal como se mencionó anteriormente, dichos equipos son utilizados para supervisar o monitorear las condiciones ambientales bajo las cuales trabajan las estaciones. Sin embargo, estos equipos también forman parte del grupo de equipos no calibrables, ya que el costo de su calibración sobrepasaría el valor del propio equipo, por otra parte los proveedores de este tipo de equipos

no garantizan su calibración, ya que los mismos son equipos pequeños y de muy bajo costo.

De acuerdo con lo planteado anteriormente y con un universo de 73 equipos de campo de medición y pruebas, pertenecientes a los diferentes fabricantes (Anritsu, Agilent o Hewlett Packard y Wavetek) se establecerá el plan de calibración apoyado en el sistema de gestión de calidad basado en las normas ISO 9001:2000 y las regulaciones de CONATEL.

CAPITULO III

REQUISITOS GENERALES PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

De acuerdo con lo planteado en el capítulo anterior, se establecerá un plan de calibración basado en un sistema de gestión de calidad bajo las normas ISO 9001:2000. En este sentido, será necesario dejar por escrito un procedimiento, bajo el cual se debe regir o a través del cual se debe llevar el proceso de calibración, verificación y procura, así como para la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de los Equipos de Medición y Prueba pertenecientes a la Dirección de O&M. En el mismo también se debe establecer quienes serán los responsables de la calibración, verificación, procura y mantenimiento preventivo y correctivo de dichos equipos.

Es importante acotar que este procedimiento se debe realizar tomando en consideración los datos, las características y condiciones bajo los cuales operan los equipos de medición y pruebas pertenecientes a la Dirección de O&M, específicamente los correspondientes a la Coordinación de Red de Acceso. A pesar de ello, al momento de especificar los parámetros de dicho procedimiento se debe considerar la aplicación de éste a los demás equipos pertenecientes a la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas (VPOS). Es así como en dicho procedimiento se podrán establecer todos los lineamientos necesarios para poner en práctica la calibración, verificación, procura y/o mantenimiento preventivo y correctivo de todos los Equipos de Medición y Prueba de la VPOS.

Del mismo modo, considerando lo señalado en el capítulo I con respecto a lo establecido en las Normas ISO 9001:2000, así como lo señalado en el capítulo II en referencia a las condiciones de uso y características que presentan estos equipos, se creará el plan de calibración tomando como referencia los parámetros o lineamientos que se encuentran especificados dentro del procedimiento antes mencionado.

El diagrama de la figura 3.1 representa el proceso mediante el cual se registrará este plan de calibración y seguimiento

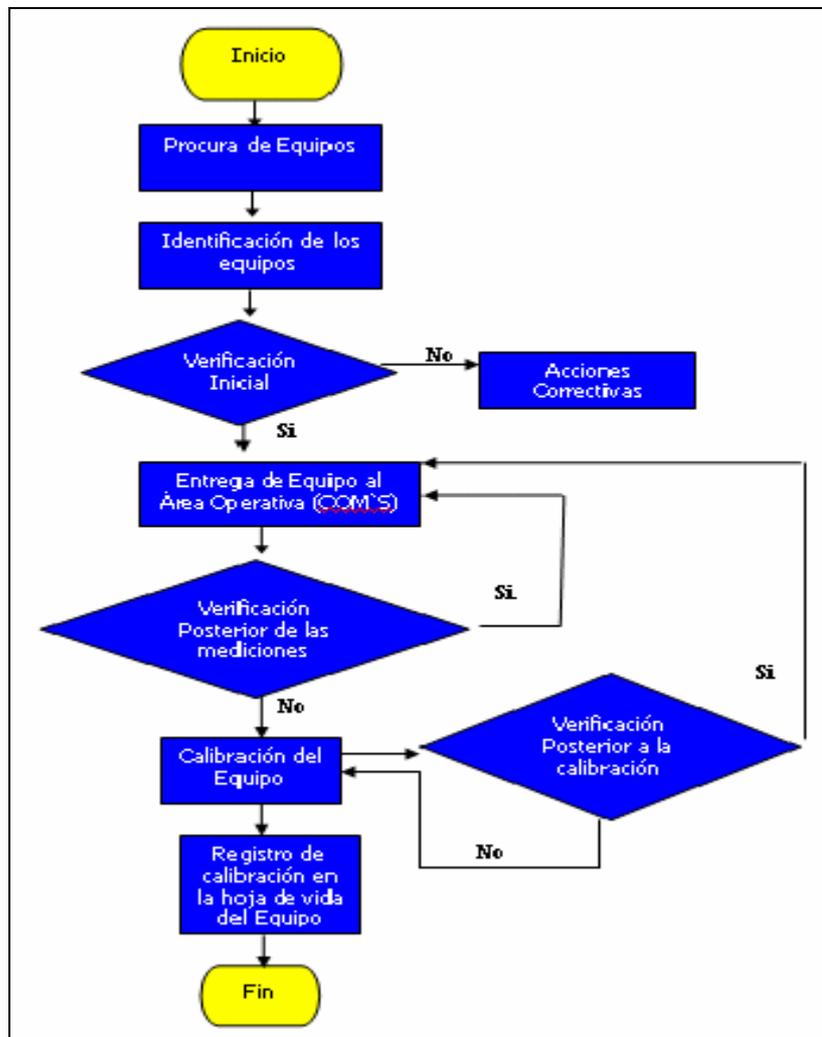


Figura 3.1 Proceso para la ejecución del plan de calibración

Sin embargo, antes de proceder con la planificación para la calibración y seguimiento de dichos equipos, así como el establecimiento de los parámetros que definirán el procedimiento antes mencionado es necesario conocer algunos términos relevantes:

3.1 Rutinas o formas de Calibración

3.1.1 “Ajuste automático o Escalera: Cada vez que un equipo es calibrado de manera rutinaria, el intervalo posterior es ampliado si el equipo o instrumento

se encuentra dentro de las tolerancias, o reducido si está fuera de las tolerancias. Esta respuesta “escalera” puede producir un ajuste rápido de los intervalos y llevarlo a cabo fácilmente sin efectos burocráticos. Mantener y usar los registros permitirá conocer posibles dificultades con un grupo de instrumentos, que indican la conveniencia de una modificación técnica, o de un mantenimiento preventivo.

3.1.2 Carta de control (tiempo-calendario): Se eligen puntos de calibración significativos y se colocan los resultados en un gráfico en función del tiempo. A partir de este gráfico se calculan a la vez la dispersión y la deriva, que puede ser la deriva media durante un intervalo de recalibración, o en el caso de instrumentos muy estables, la deriva durante distintos intervalos. A partir de estas figuras puede ser calculado el intervalo óptimo.

Este método es difícil de aplicar, e incluso muy difícil en el caso de instrumentos complejos y sólo puede virtualmente ser utilizado con procesamiento automático de datos. Antes de poder comenzar los cálculos se requiere un conocimiento considerable sobre la ley de variabilidad del instrumento o de instrumentos similares.

3.1.3 Tiempo en uso: Es una variante de los métodos anteriores. El método básico permanece inalterable, pero el intervalo de recalibración es expresado en horas de uso, en lugar de los meses del calendario. El instrumento está provisto con un indicador de tiempo total de operación y se vuelve a enviar para la calibración cuando el indicador alcance un valor específico. La ventaja teórica importante de este método es el número de calibraciones efectuadas y por lo tanto, el costo de calibración varía directamente con el intervalo de tiempo que es usado el instrumento.

3.1.4 Chequeo en servicio o ensayo caja negra: Es una variante de los dos primeros métodos, y es particularmente apropiado para instrumentos complejos o consolas de ensayos. Los parámetros críticos son chequeados

frecuentemente (diariamente o incluso mas a menudo) por un mecanismo de calibración portátil, o preferentemente por una caja negra específicamente concebida para chequear los parámetros seleccionados. Si el instrumento es encontrado fuera de la tolerancia por la caja negra, es devuelto para una calibración completa.

La gran ventaja de este método es que proporciona una disponibilidad máxima al usuario del instrumento. Es muy apropiado para los instrumentos geográficamente separados del laboratorio de calibración, ya que una calibración completa se lleva a cabo solamente cuando se conoce qué se requiere. La dificultad reside en la decisión sobre los parámetros críticos y el diseño de la caja negra.

Aunque teóricamente el método ofrece una fiabilidad muy alta, esto es ligeramente ambiguo, ya que el instrumento puede estar defectuoso en algún parámetro no medido por la caja negra. Además las características de la caja negra pueden no permanecer constantes.

3.1.5 Aproximación estadística: Cuando se trata de un gran numero de instrumentos idénticos, es decir, grupos de instrumentos a ser calibrados, los intervalos de recalibración pueden ser revisados con ayuda de métodos estadísticos.” [8]

3.2 Formas de Verificación

3.2.1 Verificación inicial: Una vez adquirido el equipo, se deben realizar una cadena de ensayos y exámenes llevados para comprobar si un equipo cumple con las regulaciones y características metrológicas mínimas. La finalidad de esta serie de pruebas es determinar si un equipo que fue fabricado para cumplir con un modelo dado concuerda con ese modelo.

3.2.2 Verificación posterior: Consiste en una cadena de ensayos y exámenes llevados a cabo generalmente en el lugar de operación del equipo de medición.

Esta verificación debe ser cumplida por un personal autorizado, con el fin de cerciorarse que el instrumento que se ha tenido en uso después de su verificación inicial continúa dentro de los límites establecidos y mantiene sus características metrológicas.

Del mismo modo, las verificaciones (inicial y posterior) se pueden dividir en tres partes:

✚ *Examen Técnico:* Este tipo de examen puede incluir diferentes controles, tales como:

- ✓ Condiciones generales del equipo e indicaciones de averías, suciedad o desgaste
- ✓ Ubicación apropiada de los equipos

✚ *Examen Administrativo:* Estos pueden incluir algunas comprobaciones, tales como:

- ✓ Cuadro de identificación, placas de nombre
- ✓ Marcas y fechas de verificación (anterior)
- ✓ Integridad de los sellos, conexiones y otros dispositivos metrológicos de confirmación
- ✓ Posesión o disponibilidad de certificados referentes al instrumento en uso
- ✓ Disponibilidad de los instrumentos técnicos de calibración
- ✓ Registros de calibración, reparación y mantenimiento.

3.2.3 Verificación por horas de uso del equipo: Existen equipos que según sus proveedores, son muy sensibles a sufrir descalibraciones, por ello para asegurar la confiabilidad de los mismos, es recomendable realizar la verificación de las mediciones por totales de horas en uso del equipo en cuestión.

3.2.4 Verificación por intervalos de tiempos: A diferencia de los equipos sensibles a sufrir descalibraciones, existen otros que no lo son. En este sentido es recomendable realizar las verificaciones en intervalos de tiempos relativamente largos. De allí, que los períodos de verificación se pueden encontrar alrededor de una ó dos veces al año.

3.3 Patrones de Comparación o Verificación.

3.3.1 “Patrón: Medida materializada, instrumento de medida, material de referencia o sistema de medida destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para que sirvan de referencia.

3.3.2 Patrón Internacional: Patrón reconocido por un acuerdo internacional para servir como referencia internacional para la asignación de valores a otros patrones de la magnitud considerada.

3.3.3 Patrón Nacional: Patrón reconocido en un país por una decisión nacional para servir como referencia en la asignación de valores a otros patrones de la magnitud considerada.

3.3.4 Patrón Primario: Patrón que es designado o ampliamente reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud. Este concepto es válido tanto para las magnitudes básicas como para las derivadas.

3.3.5 Patrón Secundario: Patrón cuyo valor es asignado por comparación contra un patrón primario de la misma magnitud. Entre ellos se tienen:

3.3.5.1 Patrón de Referencia: Patrón, generalmente de la mayor calidad metrológica disponible en un lugar u organización dada, del cual se derivan las mediciones que se ejecuten.

3.3.5.2 Patrón de trabajo: Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o comprobar (verificar) medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia.

3.3.5.3 Patrón Viajero: Patrón, de construcción especial, destinado para transportarse a diferentes lugares y utilizarse como patrón de trabajo.”[9]

Ahora bien, considerando lo señalado anteriormente y en aras de planificar la calibración y el seguimiento de los equipos de medición y pruebas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.4 Identificación de los equipos de medición.

Con la finalidad de conocer la ubicación y características de los equipos de medición y pruebas, se deberá considerar:

3.4.1 Identificación física

Una identificación física, la cual se caracteriza por códigos de barras. Este código deberá ser asignado por la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente por la Gerencia de Activos de la Red. De allí, que cualquier equipo podrá ser identificado y controlado a través del sistema SAP Móvil. Este último es utilizado por esta empresa para el control y registro de todos los bienes o equipos pertenecientes a la misma.

Una vez asignado el código de barra a cada equipo, a través de una etiqueta autoadhesiva, los mismos podrán ser controlados y monitoreados al momento de ser calibrados, reparados o bien cuando el equipo se traslada de un COM al otro. Del mismo modo, cuando se tiene un equipo de medición nuevo, a éste se le debe asignar una nueva etiqueta de identificación, para luego ser incluido al sistema de

control de activos de la empresa, de manera tal que este equipo pueda ser controlado y monitoreado, tal como se plantea en los objetivos de este proyecto.

Así mismo, para una mayor eficiencia en cuanto al uso de estas etiquetas para el control de los bienes de la empresa, la Gerencia de Activos de la Red utiliza un equipo PocketPC-PDT8100 (figura 3.2) el cual posee un scanner, con el que se puede leer de manera automática los códigos de barras antes mencionados. Del mismo modo, este equipo posee un software (SAP Móvil), a través del cual se pueden realizar todos los registros en lo que a activos o bienes de la empresa concierne.

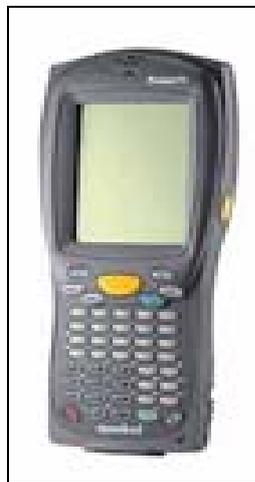


Figura 3.2 PocketPC-PDT8100

Igualmente, el equipo PocketPC-PDT8100 tiene la opción de conectarse al cualquier computador personal a través de un cable serial o por puerto infrarrojo, y así poder transmitir los datos registrados en éste. De esta manera, los datos se transmiten hacia el sistema SAP. De allí, que cualquier activo que se registre a través del equipo PocketPC-PDT8100 y que sea transmitido por medio de la herramienta SAP, será cargado automáticamente al sistema de activos de la empresa.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, deberá ser indispensable para la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M poseer uno o varios equipos PocketPC- PDT8100, para así llevar el control y la supervisión de los

equipos de medición y pruebas, pertenecientes a la Coordinación de Red de Acceso.

3.4.2 Etiqueta de control

Una etiqueta de control, la cual debe contener información; indicando que el equipo es de medición, que está calibrado y la fecha de la última calibración. También se debe indicar en la misma etiqueta, en el caso que el equipo esté fuera de servicio.

Así mismo, estas etiquetas deberán ser diseñadas y controladas por la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos, la cual es la encargada de la custodia y mantenimiento de los equipos de medición y pruebas.

3.4.3 Base de datos para el control de los equipos control

Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos deberá mantener una base de datos actualizada de todos los equipos de medición y pruebas que se encuentren bajo su responsabilidad. Por consiguiente será indispensable guardar al menos, la siguiente información:

- ✚ Nombre del equipo
- ✚ Modelo del equipo
- ✚ Código asignado por Movilnet (MV)
- ✚ Serial del fabricante
- ✚ Ubicación técnica
- ✚ Tipo de lectura del equipo (Analógica o Digital)
- ✚ Mediciones involucradas
- ✚ Unidad de medida
- ✚ Rango de medición
- ✚ Resolución
- ✚ Umbral

- ✚ Error
- ✚ Tolerancia de las mediciones
- ✚ Incertidumbre
- ✚ Repetibilidad
- ✚ Reproducibilidad
- ✚ Criterios de aceptación.

3.5 Calibración y Verificación

Para la calibración y verificación, Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos debe utilizar un formato, en el cual guardara información relacionada a:

- ✚ Nombre del Equipo
- ✚ Modelo del Equipo
- ✚ Código asignado por Movilnet (MV)
- ✚ Serial del fabricante
- ✚ Ubicación Técnica
- ✚ Tipo de lectura del equipo (Analógica o Digital)
- ✚ Mediciones involucradas
- ✚ Frecuencia de calibración
- ✚ Proveedor
- ✚ Frecuencia de verificación
- ✚ Forma de verificación y proveedor (en el caso que la verificación sea externa).

El plan de calibración y verificación se establece para asegurar que las mediciones realizadas con los equipos mencionados en los capítulos anteriores sean confiables y seguras. En aras de esto, para implantar dicho plan de calibración y verificación se deberá cotejar varios aspectos, tales como:

3.5.1 Frecuencia de Calibración

En principio, las primeras calibraciones se deben realizar según los intervalos recomendados por los proveedores. Sin embargo, la frecuencia de calibración depende del tipo de equipo y su criticidad de uso, de las condiciones ambientales, de la exactitud y tolerancia de la medición requerida, de la experiencia de las áreas operativas, de los registros de las calibraciones anteriores y de los registros de los mantenimientos realizados, de los resultados de las verificaciones, entre otras.

A pesar de ello, los costos de las calibraciones también es un factor el cual no se puede obviar. De allí, que antes de realizar una calibración, es de gran importancia analizar correctamente el resultado de las verificaciones, así como el considerar todos los factores arriba mencionados. Sin embargo, el pensar en limitar los recursos financieros necesarios para una o varias calibraciones, sería intrascendente al compararlo con las pérdidas que podría arrojar un instrumento o equipo como consecuencia de una medición inexacta por causa de la descalibración de algún equipo.

Considerando lo planteado anteriormente y utilizando como apoyo para la definición de esta frecuencia de calibración; los lineamientos de las normas COVENIN 3698:2001, *Guía para la Determinación de los Intervalos de Recalibración de los Equipos de Medición utilizados en Laboratorios de Ensayo*, ISO 17025:2005, *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*, así como ISO 10012:2003, *Sistemas de Gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*.

Atendiendo a ello, después de la primera calibración se logrará establecer una rutina de calibración ajustando así los intervalos de recalibraciones sucesivas, con el fin de optimizar el control de los riesgos y los costos financieros antes mencionados. Este ajuste se pudiera hacer bajo una decisión de intuición ingenieril. Sin embargo, la llamada intuición ingenieril no es considerada como suficientemente fiable para el establecimiento de las rutinas de calibración. Por consiguiente existen algunos métodos previamente definidos que se pueden

considerar para el establecimiento de una rutina de calibración. De allí, que se deben tomar en cuentas estos métodos y seleccionar el que más se adapte tanto a los recursos como a las necesidades de la Empresa Telecomunicaciones Movilnet.

Estos métodos son los siguientes:

- ✚ Ajuste automático o escalera
- ✚ Carta de control (tiempo-calendario)
- ✚ Tiempo en uso
- ✚ Chequeo en servicio o ensayo caja negra
- ✚ Aproximación estadística

3.5.2 Proveedor Recomendado

Los proveedores de estos equipos deben ser capaces de garantizar sucesivas calibraciones, el mantenimiento preventivo y correctivo, así como cualquier verificación solicitada por la Empresa Telecomunicaciones Movilnet. En este sentido los proveedores empleados para las calibraciones y/o verificaciones, deben ser capaces de demostrar su competencia técnica conforme a la Norma ISO 17025:2005, *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración aplicable a laboratorios.*

Es importante acotar que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos será la encargada de establecer los lineamientos para la gestión de estos proveedores, así mismo esta coordinación debe mantener en forma digital y física un procedimiento mediante el cual se establezcan los lineamientos antes mencionados.

Ahora bien, con respecto a los criterios de selección y evaluación de los proveedores se debe establecer en conjunto, entre la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos y la Coordinación de Certificación de

Proveedores de CANTV. No obstante, el seguimiento de las responsabilidades adquiridas por los proveedores con la Empresa Telecomunicaciones Movilnet en lo que a los Equipos de Medición y Pruebas pertenecientes a la VPOS se refiere, la debe realizar la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos.

3.5.3 Forma y Frecuencia de Verificación

En términos generales la verificación de los instrumentos de medición se debe realizar de dos formas:

- 🚦 Verificación inicial
- 🚦 Verificación posterior

Con respecto al personal autorizado para las verificaciones, este dependerá del tipo de verificación, ya que la misma puede ser externa o interna. Para el caso de una verificación externa el personal autorizado será un proveedor previamente seleccionado para ejecutar esta tarea, mientras que para la verificación interna le corresponde al personal adscrito a la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos.

Considerando lo señalado anteriormente, para la verificación de las mediciones por parte de la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos, debe ser necesario tener al alcance de esta, un patrón secundario, específicamente un patrón viajero por cada equipo que presente características diferentes. En el caso particular de las verificaciones externas, como bien se dijo antes, las mismas son ejecutadas por los proveedores seleccionados por la empresa, en este sentido será ineludible un patrón nacional ó primario para el cumplimiento de esta actividad.

Es factible que los proveedores seleccionados para realizar las verificaciones sean los mismos proveedores previamente seleccionados por la empresa para la procura de los Equipos de Medición. Es importante acotar que para que estos proveedores puedan realizar las verificaciones deben estar oficialmente

autorizados para realizar esta labor. En el caso particular de las verificaciones internas, las mismas serán ejecutadas por el personal adscrito a la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos. Igualmente, este personal requerirá autorización para realizar estas verificaciones.

Así mismo, antes de proceder con la calibración y para asegurar la confiabilidad de los equipos de medición y pruebas, se debe establecer una rutina de verificación de las mediciones.

“En principio, la verificación se ejecuta cuando las circunstancias lo requieran, por otra parte, la verificación puede ser periódica; establecida por una cantidad dada de mediciones ejecutadas después de la última verificación; determinada aleatoriamente por algún esquema de tiempo; o basada en los resultados de las verificaciones anteriores.” [10]

De esta manera, las primeras verificaciones se pudieran presentar de diferentes formas:

- ✚ Por horas de uso del equipo
- ✚ Por intervalos de tiempos o de manera rutinaria

Sin embargo, para establecer la frecuencia de verificación se deben considerar los lineamientos que establece la Norma ISO 17025:2005, así como las Normas COVENIN 3696:2001, pero también debe ser importante tomar en consideración la experiencia de las áreas operativas, las cuales toman gran importancia en las verificaciones de las mediciones, ya que la llamada intuición ingenieril puede ayudar a fijar los intervalos de verificación.

3.6 Mantenimiento Preventivo de los equipos

Para asegurar que un sistema sea confiable, será necesario desarrollar un plan de mantenimiento preventivo periódico que cumpla con estándares necesarios para el buen desempeño de los equipos de medición y pruebas.

Así mismo, no vale la pena esperar a que un equipo se encuentre fuera de servicio para proceder a repararlo, ya que desde el punto de vista financiero los costos serían muy elevados, en comparación con los costos que arrojaría un mantenimiento previo y así poder evitar dicha reparación. En esta dirección, será más eficiente para la Empresa Telecomunicaciones Movilnet optimizar los costos de una reparación invirtiendo en un plan preventivo para el mantenimiento de los equipos, evitando así tener que ejecutar reparaciones innecesarias.

En este sentido, este plan de mantenimiento preventivo se establece con el fin de poder controlar la operatividad de los equipos de medición y pruebas. De allí, que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos debe elaborar anualmente este plan. Dicho plan es específico por equipo, ya que dependiendo del tipo de equipo, del uso y de las recomendaciones del fabricante habrá que realizar un determinado tipo de mantenimiento, que puede incluir la sustitución de determinadas partes o piezas, previas a producirse la inoperatividad del equipo. Para la ejecución de dicho plan esta coordinación debe emplear un formato en cual llevará toda la información correspondiente al plan en cuestión concerniente a los equipos de medición. Dicho formato debe contener información tal como:

- ✚ Nombre del Equipo
- ✚ Modelo del equipo
- ✚ Código de barras de Movilnet(MV)
- ✚ Serial de equipo
- ✚ Ubicación técnica
- ✚ Actividades de mantenimiento preventivo
- ✚ Frecuencia de esas actividades y responsables.

En esta última, si se trata de un proveedor externo, se debe colocar el nombre del proveedor recomendado.

3.7 Mantenimiento de Registros.

Los datos obtenidos en las sucesivas calibraciones y/o verificaciones pueden ser analizados no solamente para identificar y resolver los problemas de los equipos de medición, si no que éstos pueden ser utilizados como realimentación concerniente al proceso de calibración y/o verificación de estos equipos. De allí, que un intervalo de verificación y/o calibración puede ser innecesariamente largo y debe ser acortado. Esta decisión podrá ser razonada gracias al estudio de registros previamente documentados.

En este sentido, Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos deberá mantener durante toda la vida del equipo, así como para cada equipo los registros de los mismos. En aras de esto se deben considerar los siguientes aspectos:

3.7.1 Hoja de vida ó ficha técnica

En esta se deben registrar al pie de la letra todos los eventos relacionados con la vida del equipo desde su adquisición, hasta su desincorporación del sistema de control de activos de la Empresa Telecomunicaciones Movilnet; calibraciones, verificaciones, mantenimientos correctivos y/o preventivos que se le han realizado. Del mismo modo, esta ficha técnica u hoja de vida se debe conservar en forma física y/o digital.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, la hoja de vida de cada equipo debe contener información tal como:

- 🚦 Nombre del equipo
- 🚦 Modelo
- 🚦 Código MV
- 🚦 Serial
- 🚦 Ubicación técnica

- ✚ Fecha de adquisición
- ✚ Proveedor
- ✚ Cambio de etiqueta
- ✚ Fecha de desincorporación
- ✚ Motivo de desincorporación
- ✚ Registro de eventos:

- ✓ *Calibración:* Fecha de Calibración, Proveedor, Resultado de la Calibración, N° de certificado de calibración, Fecha de la Próxima Calibración y Observaciones.
- ✓ *Verificación:* Fecha de Verificación, Identificación del Verificador, Resultado de la Verificación, Trazabilidad, Fecha de la Próxima Verificación y Observaciones.
- ✓ *Mantenimiento preventivo y/o correctivo:* Descripción, Fecha, Proveedor, y Observaciones
- ✓ *Solicitud y/o Reemplazo de Accesorios:* Descripción del Accesorio, Número de Parte, Causa, Fecha, Proveedor, y Observaciones

3.7.2 Certificados de calibración y verificación

Es el documento que legitima que cada uno de los equipos cumple con las regulaciones y características metrológicas mínimas, para éstos poder operar correctamente. Dichos certificados se pueden conservar tanto de manera física como digital. En caso de estar archivados de manera física, los mismos deben estar de forma adecuada para un almacenamiento que garantice su buen estado, disponibilidad y fácil acceso, lo cual también se debe garantizar para el caso de los registros electrónicos. En este sentido, la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos es la encargada de enviar copias de dichos

registros a las áreas operativas, quienes deben mantener archivado únicamente la copia vigente.

3.7.3 Catálogos de cada equipo

Los catálogos de cada equipo se pueden conservar bien sea en original o copia, en físico o digital. Es importante mencionar que siempre el catálogo original en físico es entregado al área operativa, es decir, el personal que labora en los COM'S.

3.7.4 Ordenes de salidas y notas de entrega

En ésta se debe describir todas las características concernientes al equipo que se está enviando, bien sea por reparación, calibración, verificación, etc. Dentro de esta orden se debe especificar:

- ✚ Modelo del equipo.
- ✚ Serial del equipo
- ✚ Código de Movilnet(MV)
- ✚ El nombre, modelo y numero de partes de los accesorios (incluyendo el catálogo, certificados, etc.)
- ✚ Nombre, Cédula de Identidad, código del carnet y firma de la persona de la coordinación o del área operativa que autoriza la salida y entrega del equipo.
- ✚ Nombre y dirección de destino
- ✚ Fecha y hora de entrega
- ✚ Nombre de la empresa o persona responsable del transporte, Cédula de Identidad, código del carnet y firma del responsable del transporte (sí aplica)

Como se pudo establecer, la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos es la responsable de estos equipos y en consecuencia será la

encargada de ejecutar el plan de calibración, verificación y seguimiento de los equipos de medición y pruebas. De allí que, la orden de entrega y salida debe ser emitida por esta coordinación cuando el equipo es enviado a las áreas operativas (COM'S), bien sea por procura, calibración o por mantenimiento correctivo. Cuando el equipo es enviado a los proveedores para calibración o reparación, dicha coordinación también debe emitir la orden de entrega y salida. Ahora bien, la Coordinación de Red de Acceso debe emitir esta orden cuando dichos equipos sean remitidos a la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos, esto en el caso que dichos equipos ameriten ser reparados, ajustados o calibrados.

Finalmente, para llevar a cabo este plan de calibración, verificación y mantenimiento de los Equipos de Medición y Pruebas, será imprescindible considerar los recursos con que cuenta la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos, así como también se debe tener en cuenta los aspectos o criterios propuestos anteriormente para la ejecución de dicho plan. En efecto, estos aspectos o criterios son de vital importancia para la ejecución de este plan de calibración, verificación y mantenimiento.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Para cada uno de los aspectos o criterios propuestos anteriormente, se deben crear o diseñar todos los formatos y/o etiquetas concernientes a este plan de calibración y seguimiento, para así cumplir con los lineamientos establecidos durante el desarrollo de este trabajo, los cuales son pautados por las normas ISO 9000. Para ello se utilizarán algunas herramientas de Windows como apoyo o ayuda.

En este sentido, los formatos de identificación y solicitud de servicio, así como las etiquetas de identificación, se diseñaron con el apoyo de la herramienta Microsoft Excel. No obstante, en lo que a base de datos o almacenamiento de información relacionada con los equipos se refiere, se utilizó la herramienta Microsoft Access.

La base de datos que se creó para el control de Identificación, Calibración, Verificación y Mantenimiento, así como para la hoja de vida de los equipos, lleva por nombre *Telecomunicaciones Movilnet* (figura 4.1). No obstante, durante el desarrollo de este capítulo se consideraran cada uno de los formularios correspondientes a la base de datos antes mencionada, así como, los formatos diseñados para la solicitud de servicio e identificación de cada equipo.



Figura 4.1 Panel de control de la base de datos

4.1 Identificación de los equipos de medición

Como punto de partida para la ejecución de este plan de calibración sobre los equipos de medición y pruebas pertenecientes a la Coordinación de Red de Acceso y según se estableció en el capítulo III, para la caracterización de cada equipo se diseñó un formato de identificación (figura 15), el cual cumple con los parámetros establecidos en las normas ISO 9000.

| <i>Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M</i> | | | | |
|---|------------|------------|------------|--|
| <i>Equipo de Medición y Seguimiento</i> | | | | |
| <i>Calibrable</i> | <i>Si</i> | | <i>No</i> | |
| <i>Calibrado</i> | <i>Si</i> | | <i>No</i> | |
| | | | | |
| <i>Fecha de última calibración</i> | <i>Día</i> | <i>Mes</i> | <i>Año</i> | |
| | | | | |
| <i>Fecha de Próxima calibración</i> | <i>Día</i> | <i>Mes</i> | <i>Año</i> | |
| | | | | |
| | | | | |
| <i>Fuera de Servicio</i> | <i>Si</i> | | <i>No</i> | |

Figura 4.2 Etiqueta de identificación para cada equipo

Considerando lo señalado anteriormente y en aras de identificar cada uno de los equipos, la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente la Dirección de Operación y Mantenimiento debe utilizar este formato (figura 4.2), el cual debe estar situado en un lugar visible en cada uno de los estos equipos. De allí, que cada etiqueta o placa debe estar protegida contra: agua, sucio, humedad y cualquier otro factor que pueda alterar el contenido de su información.

Así mismo, es necesario que la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M, por ser ésta la encargada del control de los equipos, posea una base de datos actualizada, en donde se guarde información relacionada con los datos de cada equipo, las mediciones que involucran cada uno de ellos, así como otros aspectos afines con dichos equipos. Para ello y en aras de cumplir con lo

establecido en la Norma ISO 9001:2000, se diseñó en Microsoft Access la base de datos antes mencionada.

Esta base de datos contiene diferentes formularios, cada uno de ellos con aplicaciones distintas. De esta manera, el formulario de la figura 4.3 lleva por nombre IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS. Es a partir de éste, donde se puede llevar un control en cuanto a la identificación de cada uno de los equipos, así como las mediciones que dichos equipos ejecutan.

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

| | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|
| Modelo S113B | Nombre Site Master | Marca Anritsu | Ubicación Técnica Anzoategui Sur (El Tigre) / MOV-8013 | | | |
| CódigoMV MV00344491 | Serial 740012 | Tipo de Lectura Digital | | | | |

Mediciones:
SWR

| Unidad de medida | Rango | Resolución | Umbral | Error | Tolerancia | Incertid_Calibrac | Id |
|------------------|--------------|------------|--------|-------|------------|-------------------|----|
| Adimensional | 1,00 a 65,00 | 0,01 | N/A | 0,03 | 0,06 | 0 | |

Incertidumbre
0,044705654626183

R_R
0,790751173719082

Crit_Aceptación
No Aceptable

Crit_Aceptacion_RR
Inadecuado (Debe corregirse)

Registo: 1 de 292

Figura 4.3 Formulario de identificación de cada equipo

Tal como se mencionó en el capítulo III, en este formulario (figura 4.3) también se guarda información relacionada con incertidumbre, repetibilidad, reproducibilidad, error de cada equipo, entre otras.

No obstante, con relación a los otros datos (umbral, error, resolución, tolerancia) que se encuentran en el formulario de la figura 4.3, los mismos fueron proporcionados por los fabricantes de cada uno de los equipos que reposan en esta base de datos.

Es importante resaltar que, existen algunos campos en el formulario (figura 4.3), tales como; incertidumbre, repetibilidad, reproducibilidad y criterios de aceptación, los cuales deben ser completados a través de algunas relaciones matemáticas. Para ello se utilizaron los criterios que a continuación se establecen:

✚ **Cálculo de la Incertidumbre:** La incertidumbre tipo B se calculó a partir de la incertidumbre estándar asociada a la resolución del equipo, para el caso de equipos analógicos se tomó la menor lectura y se dividió entre dos (los metrologos afirman que: “es posible apreciar hasta por lo menos la mitad de la lectura mínima”). Luego este valor se dividió entre $\sqrt{3}$ (ecuación 1), ya que se considera que la distribución de la probabilidad es rectangular para este tipo de incertidumbre.

Para el caso de los equipos digitales, se tomó la menor lectura y se dividió entre $\sqrt{3}$ (ecuación 2), considerando el mismo tipo de distribución de probabilidad.

$$\sigma_{Blecturaequipo} = \left(\frac{\text{Resolucion}_{equipo}}{2} \right) / \sqrt{3} \quad (1)$$

$$\sigma_{Blecturaequipo} = \frac{\text{Re solucion}_{equipo}}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Así mismo, para el cálculo de la incertidumbre tipo B se debe considerar, la incertidumbre reportada en los certificados de calibración. Generalmente estos valores se reportan con un nivel de confiabilidad del 95%. En todo caso se dividió el valor reportado directamente entre el factor de cobertura ($k=2$ para 95% de confiabilidad). La tabla 4.1 muestra los diferentes valores que puede tomar K.

Tabla 4.1 Factor de cobertura K

| Nivel de Confianza % | Factor de Cobertura K |
|----------------------|-----------------------|
| 68.27 | 1 |
| 90 | 1.645 |
| 95 | 1.960 |
| 95.45 | 2 |
| 99 | 2.576 |
| 99.73 | 3 |

De allí que, para el cálculo de este tipo de incertidumbre, se utilizó la ecuación 3.

$$\sigma_{Bcalibracion} = \frac{Incertidumbre_{calibracion}}{2} \quad (3)$$

Otro factor de importancia en la estimación de la incertidumbre, es el error del equipo, obtenido directamente de los manuales de cada equipo, todo dependerá de cada tipo de equipo y su error asociado. En este caso se tomó el valor y se dividió directamente por $\sqrt{3}$, esto se debe a que la distribución se considera uniforme y cuadrática, por lo tanto la desviación estándar asociada está dada por la ecuación 4.

$$\sigma_{Bequipo} = \frac{Error_{equipo}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Del mismo modo, para el cálculo de incertidumbre tipo A se requiere la realización de 10 mediciones como mínimo, ejecutadas por un operador calificado, en un equipo debidamente calibrado. En este sentido y con el registro de las mediciones antes mencionadas, para el cálculo de este tipo de incertidumbre se utilizará la ecuación 5.

$$\sigma_a = t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Donde:

n = número de mediciones

S = desviación estándar de las mediciones

t = factor estadístico conocido como t de Student, (tabla 4.2)

Tabla 4.2 Factor estadístico t de Student

| Nro de mediciones | t de Student |
|-------------------|--------------|
| 2 | 6.5 |
| 3 | 2.2 |
| 4 | 1.6 |
| 5 | 1.4 |
| 6 | 1.3 |
| 7 | 1.3 |
| 8 | 1.2 |
| 9 | 1.2 |
| 10 | 1 |

Así mismo, el cálculo de la desviación estándar se obtendrá a partir de la ecuación 6:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (6)$$

De allí que, para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se deben incluir todas las incertidumbres antes mencionadas, a través de la ecuación 7.

$$U = \sqrt{(\sigma_{Blecturaequipo})^2 + (\sigma_{Bcalibracion})^2 + (\sigma_{Bequipo})^2 + (\sigma_a)^2} \quad (7)$$

La incertidumbre expandida se calcula a partir de la incertidumbre estándar combinada (ecuación 7), considerando un nivel de confianza del 95%. En este sentido, para el cálculo de este tipo de incertidumbre se utilizará la ecuación 8.

$$U_{exp\ and} = k * U \quad (8)$$

Donde:

k=2 , valor obtenido de la tabla 04 (nivel de confianza del 95%)

U= incertidumbre estándar combinada.

De esta manera, se puede establecer el criterio de aceptación para la incertidumbre de cada equipo, a través de la relación 9:

$$3 * U_{exp\ and} \leq \frac{tolerancia}{2} \quad (9)$$

Donde, la tolerancia es la diferencia entre el límite superior y el límite inferior de la especificación de la medición requerida. Cuando una medición sólo tiene un límite (máximo o mínimo) en la ecuación 9 no se divide por dos.

✚ **Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R):** Para ello, es necesario que un operador realice con un equipo determinado diez (10) mediciones (eventos) por triplicado (repeticiones) a lo largo de un día de operación. En un periodo de tiempo similar, otro operador en dos (02) sitios de operación diferentes lleva a cabo el mismo conjunto de mediciones.

Con los resultados de las mediciones obtenidas, se realizan los cálculos de repetibilidad y reproducibilidad:

Repetibilidad:

Para cada sitio de operación, se calcula el rango (diferencia entre el valor máximo y mínimo) para cada serie de tres (03) mediciones, reportándolo como $R_{operador_n}$. Seguidamente se calcula la media de $R_{operador_n}$, obteniendo así $\overline{R}_{operador_n}$. Con el valor de $\overline{R}_{operador_n}$ de los tres (03) sitios se calcula el promedio \overline{R}_{total} .

Para verificar la concordancia entre las mediciones, se utilizará el Gráfico de Control R, para ello se debe calcular el límite superior e inferior de control (ecuación 10 y 11) de los rangos, multiplicando \overline{R}_{total} por las constantes (D4 y D3) respectivamente, obtenida estadísticamente a partir del número de réplicas o repeticiones (tabla 4.3)

$$LSC = D_4 * \overline{R}_{total} \tag{10}$$

$$LIC = D_3 * \overline{R}_{total} \tag{11}$$

Donde, LIC = 0, porque para todo proceso en que se considera un $n < 7$, el LIC no se representa en la gráfica de control R.

Tabla 4.3 Valores de Constantes Estadísticas (A_2, D_3, D_4)

| Tamaño de muestra n | Gráfico de medias | Gráfico de Rangos | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| | Factor A2 | Factor D3 | Factor D4 |
| 2 | 1.88 | 0 | 3.27 |
| 3 | 1.02 | 0 | 2.57 |
| 4 | 0.73 | 0 | 2.28 |
| 5 | 0.58 | 0 | 2.11 |
| 6 | 0.48 | 0 | 2.00 |
| 7 | 0.42 | 0.08 | 1.92 |
| 8 | 0.37 | 0.14 | 1.86 |
| 9 | 0.34 | 0.18 | 1.82 |
| 10 | 0.31 | 0.22 | 1.78 |

De esta manera, se compara el $\bar{R}_{operator_n}$ con el LSC, a través de la relación 12

$$\bar{R}_{operator_n} \leq LSC \quad (12)$$

Es así como, se procede a calcular la repetibilidad de la variación (V_e) de las mediciones, a través de la ecuación 13.

$$V_e = K_1 * \bar{R}_{total} \quad (13)$$

Donde K_1 depende del número de muestras, según se muestra en la tabla 4.4 y está relacionado con la desviación estándar de las mediciones, con un factor de confiabilidad de 95%.

Tabla 4.4 Valores estadísticos para la constante K_1

| Nro. de repeticiones | K_1 |
|----------------------|-------|
| 2 | 4.58 |
| 3 | 3.05 |

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medición, se procede a calcular el porcentaje de la repetibilidad de la variación, aplicando la ecuación 14.

$$\%V_e = \frac{V_e}{Tolerancia} * 100 \quad (14)$$

Reproducibilidad:

Para realizar este cálculo se deben obtener los promedios de cada una de las mediciones realizadas por los operadores la cual se puede denominar $\bar{X}_{operador}$. Similarmente, se calculan los promedios de los operadores obtenidos anteriormente ($\bar{X}_{operador}$), a ésta se denomina $\bar{\bar{X}}_{operador}$.

Para verificar la concordancia entre las mediciones, se utilizará el Gráfico de Control \bar{X} , en este se calculará el límite superior e inferior de control (ecuación 15 y 16) de las medias, tomando la suma algebraica entre $\bar{X}_{operador}$ y $\bar{R}_{total} * A_2$ obtenida estadísticamente a partir del número de réplicas o repeticiones (tabla 4.3).

$$LSC = \overline{\overline{X}}_{operador} + A_2 * \overline{R}_{total} \quad (15)$$

$$LIC = \overline{\overline{X}}_{operador} - A_2 * \overline{R}_{total} \quad (16)$$

Se debe calcular la diferencia entre el valor máximo y mínimo de los promedios de los operadores obtenidos anteriormente y denominarlos $\overline{X}_{diferencia}$

Luego, se calcula la reproducibilidad de la variación (V_o) de las mediciones, aplicando la ecuación 17.

$$V_o = \sqrt{(K_2 * \overline{X}_{diferencia})^2 - \frac{(V_e)^2}{Nro_{repeticiones} * Nro_{eventos}}} \quad (17)$$

Donde K_2 depende del número de operadores, según se muestra en la tabla 4.5 y está relacionado con la desviación estándar de las mediciones, con un factor de confiabilidad de 95%.

Tabla 4.5 Valores estadísticos para la constante K_2

| Nro. de Operadores | K_2 |
|--------------------|-------|
| 2 | 3.65 |
| 3 | 2.70 |

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medición, se procede a calcular el porcentaje de la reproducibilidad de la ecuación 17, a través de la ecuación 18.

$$\%V_o = \frac{V_o}{Tolerancia} * 100 \quad (18)$$

Considerando lo señalado anteriormente, se puede realizar el cálculo de R&R, a través de la ecuación 19.

$$R \& R = \sqrt{(V_e)^2 + (V_o)^2} \quad (19)$$

Es así como, para poder verificar la adecuación del sistema de medición, se debe calcular el porcentaje de R&R, a través de la ecuación 20.

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{tolerancia} * 100 \quad (20)$$

Del mismo modo, se debe establecer el criterio de aceptación de R&R, para ello se deben utilizar los criterios mostrados en la tabla 4.6

Tabla 4.6 Criterios de Aceptación para R&R

| | |
|-------------------|---|
| % R&R < 10% | Adecuado |
| 10% < % R&R < 30% | Aceptable, pero debe ser mejorado (entrenamiento de operadores, calibración de equipos, etc.) |
| %R&R > 30% | Inadecuado (equipo debe ser calibrado, Re-adiestramiento de operadores, sustitución de equipos) |

Es importante resaltar, que cada una de las ecuaciones anteriormente planteadas se encuentran programadas en la Base de datos *Telecomunicaciones Movilnet*, en el formulario CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE (figura 4.4) y CÁLCULO DE R&R (figura 4.5-A, 4.5-B y 4.5-C), los cuales están relacionado con el formulario de la figura 4.3. De esta manera, los cálculos descritos anteriormente serán reportados automáticamente en el formulario IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS (figura 4.3).

cantv
movilnet
Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas

CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

| | | | |
|--------|---------|------------|-------------|
| Modelo | Marca | CódigoMV | Id_medición |
| S1138 | Anritsu | MV00344491 | 1,1 |

Nombre: Site Master

| | | | | | |
|------------|------------------|-------------|--------|-------------|------------------|
| Mediciones | Unidad de medida | Resolución: | Error: | Tolerancia: | Incertidumbre_Ca |
| SWR | Adimensional | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0 |

muestras_incertidumbre

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Muestra1 | Muestra2 | Muestra3 | Muestra4 | Muestra5 |
| 0,9 | 0,99 | 0,974 | 0,89 | 0,96 |
| Muestra6 | Muestra7 | Muestra8 | Muestra9 | Muestra10 |
| 0,87 | 0,95 | 0,89 | 0,91 | 0,94 |

Promedio: 1
Desviación Estandar: 0
Incertidumbre A: 0
Incertid. Combinada: ± 1,82574185835055E-0:

Calcular

Incertidumbre Expandida ±
Criterio de Aceptación
Criterio de Aceptación : $6 * \text{Incert Expand} \leq \text{Tolerancia}$
Fecha de la medición: 12/12/2005

Registro: 1 de 14

Figura 4.4 Formulario para la estimación de la incertidumbre

cantv
movilnet
Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas

CÁLCULO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

| | | | |
|--------|---------|-------------|-------------|
| Modelo | Marca | Nombre | Id_medicion |
| S1138 | Anritsu | Site Master | 1,1 |

| | | | | | |
|------------|------------------|-------------|--------|-------------|---------------|
| Mediciones | Unidad de medida | Resolución: | Error: | Tolerancia: | Incertidumbre |
| SWR | Adimensional | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0 |

Operador 1

Nombre del Operador: _____ Fecha de medición: _____ CódigoMV: MV00344965

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Muestra1_1 | Muestra2_1 | Muestra3_1 | Muestra4_1 | Muestra5_1 | Muestra6_1 | Muestra7_1 | Muestra8_1 | Muestra9_1 | Muestra10 |
| 0,1 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra1_2 | Muestra2_2 | Muestra3_2 | Muestra4_2 | Muestra5_2 | Muestra6_2 | Muestra7_2 | Muestra8_2 | Muestra9_2 | Muestra10 |
| 0,11 | 0,16 | 0,26 | 0,17 | 0,17 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra1_3 | Muestra2_3 | Muestra3_3 | Muestra4_3 | Muestra5_3 | Muestra6_3 | Muestra7_3 | Muestra8_3 | Muestra9_3 | Muestra10 |
| 0,12 | 0,19 | 0,24 | 0,15 | 0,25 | 0,012 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Promedio del Rango: _____ Promedio de la Suma: _____

Calcular

Registro: 1 de 13

Figura 4.5-A Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad

Operador 2

Nombre del Operador: Fecha de medicion: CodigoMV: MV00344972

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Muestra2_1 | Muestra2_2 | Muestra2_3 | Muestra2_4_1 | Muestra2_5 | Muestra2_6 | Muestra2_7 | Muestra2_8 | Muestra2_9 | Muestra2_1 |
| 0,12 | 0,2 | 0,15 | 0,14 | 0,26 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra2_1 | Muestra2_2 | Muestra2_3 | Muestra2_4_1 | Muestra2_5 | Muestra2_6 | Muestra2_7 | Muestra2_8 | Muestra2_9 | Muestra2_1 |
| 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra2_1 | Muestra2_2 | Muestra2_3 | Muestra2_4_1 | Muestra2_5 | Muestra2_6 | Muestra2_7 | Muestra2_8 | Muestra2_9 | Muestra2_1 |
| 0,15 | 0,2 | 0,37 | 0,14 | 0,31 | 0 | 0 | 0,96 | 0 | 0 |

Promedio del Rango: Promedio de la Suma:

Registro: 1 de 12

Figura 4.5-B Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad

Operador 3

Nombre del Operador: Fecha de medicion: CodigoMV: MV00344974

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Muestra3_1 | Muestra3_2 | Muestra3_3 | Muestra3_4 | Muestra3_5 | Muestra3_6 | Muestra3_7 | Muestra3_8 | Muestra3_9 | Muestra3_1 |
| 0,24 | 0,18 | 0,15 | 0,16 | 0,46 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra3_1 | Muestra3_2 | Muestra3_3 | Muestra3_4 | Muestra3_5 | Muestra3_6 | Muestra3_7 | Muestra3_8 | Muestra3_9 | Muestra3_1 |
| 0,26 | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Muestra3_1 | Muestra3_2 | Muestra3_3 | Muestra3_4 | Muestra3_5 | Muestra3_6 | Muestra3_7 | Muestra3_8 | Muestra3_9 | Muestra3_1 |
| 0,15 | 0,18 | 0,46 | 0,11 | 0,26 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |

Promedio del Rango: Promedio de la Suma:

Registro: 1 de 12

| | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Repetibilidad: | Reproducibilidad: | R y R: | % de R y R: | Criterio de Aceptación |
| <input type="text"/> |

Criterio de Aceptación
 %RyR < 10%—Aceptable
 10% < %RyR < 30%—Aceptable, debe ser mejorado
 %RyR > 30%—Inadecuado

Registro: 1 de 15 (Filtrado)

Figura 4.5-C Formulario para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad

4.2 Calibración, Verificación y Mantenimiento Preventivo

Tal como se mencionó en el punto 2 del capítulo anterior, para el plan de calibración y verificación, así como para el mantenimiento preventivo, es necesario un formato para el control de estas actividades. Cabe advertir que, aunque en el capítulo III se hizo referencia a un formato para calibración y verificación; y otro formato para el mantenimiento preventivo. No obstante y en

aras de obtener un formato mas óptimo y compacto, se diseñó un formato que involucra los registros de las tres actividades antes mencionadas, entre otras.

En las figuras 4.6-A, 4.6-B y 4.7 se muestran los formularios para las actividades antes mencionadas, dichos formularios forman parte de la hoja de vida, para dicho diseño se tomó consideración todos los parámetros antes expuestos, establecidos por las Normas ISO 9000. Esto con el propósito de que la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M lleve el control sobre cada equipo perteneciente a la Coordinación de Red de Acceso y de esta forma asegurar que las mediciones realizadas con los equipos sean confiables y seguras. Dicho formulario lleva por nombre HOJA DE VIDA.

cantv
movilnet
Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas

HOJA DE VIDA
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

| Modelo | Marca | Nombre | Ubicación Técnica |
|--------|---------|-------------|--------------------------------------|
| 51138 | Anritsu | Site Master | Anzoategui Sur (El Tigre) / MOV-8013 |

| CódigoMV | Serial | Tipo de Lectura |
|------------|--------|-----------------|
| MV00344491 | 740012 | Digital |

Buscar Guardar Volver al menú

1- Procura y Desincorporación
2- Verificación y Calibración
3- Mantenimiento Preventivo y Solicitud de Accesorios

Eventos

| Id event | codigoMV |
|----------|------------|
| 2 | MV00344491 |

Nuevo

VERIFICACIÓN

Responsable de la actividad:

Nombres y Apellidos:

Fecha de verificación: 30/12/1999

Trazabilidad:

Observaciones:

3 meses 6 meses 1 año

Fecha proxima verificación: 30/12/2000

Registro: 1 de 94

Figura 4.6-A Formulario para el control de las verificaciones

CALIBRACIÓN

| | | |
|---|---|--|
| Proveedor <input type="text"/> | Nro de certificado <input type="text"/> | Resultado: <input type="text"/> |
| Cambio de MV <input type="checkbox"/> | | |
| MV nuevo <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> 6 Meses <input type="checkbox"/> 1 Año <input type="checkbox"/> 2_años | Fecha de calibración <input type="text"/> |
| Observaciones de la calibración: <input type="text"/> | | Fecha proxima calibración <input type="text"/> |

Registro: de 1

Figura 4.6-B Formulario para el control de las calibraciones

HOJA DE VIDA
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

| | | | |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|
| Modelo S113B | Marca Anritsu | Nombre Site Master | Ubicación Técnica Valencia / MOV-8024 |
| CódigoMV S/MV1 | Serial S/serial | Tipo de Lectura Digital | |

1- Procura y Desincorporación
2- Verificación y Calibración
3- Mantenimiento Preventivo y Solicitud de Accesorios

Eventos

| | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|
| Id evento (numérico) | codigoMV S/MV1 | Nuevo |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| | |
|---|---|
| Actividad <input type="text"/> | Fecha del mantenimiento <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> 3 meses <input type="checkbox"/> 6 meses | Fecha del proximo mantenimiento: <input type="text"/> |

Registro: de 94

Figura 4.7 Formulario para el control de mantenimiento de equipos

Dichos formularios (figura 4.6-A, 4.6-B y 4.7) no contiene información de eventos anteriores, ya que la misma será plasmada en estos formularios una vez que la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de O&M ponga en práctica el plan de calibración y verificación sobre los equipos de medición y pruebas. Es importante

recordar, que la información plasmada en dichos formularios, debe ser única por cada equipo.

4.2.1 Frecuencia y forma de calibración y verificación

Para establecer la frecuencia de calibración y verificación se deben considerar ciertos aspectos, los cuales serán de gran importancia a la hora de definir estos intervalos. Si bien es cierto que la frecuencia de calibración depende del tipo de equipo y su criticidad de uso, de las condiciones ambientales, de la exactitud, de la tolerancia de la medición y lo que es más importante aun; de los resultados de las verificaciones. Así mismo, no se puede dejar a un lado las recomendaciones de los fabricantes de cada equipo.

Según se estableció en el capítulo II, existe un variado y numeroso universo de equipos para este plan de calibración. A pesar de ello, las marcas de fabricantes de estos no son muy variadas. De allí que la planificación para la calibración y verificación se establecerá de acuerdo a las marcas de los fabricantes.

4.2.1.1 Anritsu

✚ *Frecuencia de calibración:* En aras de cumplir a cabalidad con las recomendaciones del fabricante, en principio se establece una frecuencia comprendida en un periodo de 12 meses por cada calibración. No obstante, dicho periodo puede ser ampliado, si el equipo al terminar este intervalo de tiempo se encuentra dentro de las tolerancias, o reducido si está fuera de ellas.

✚ *Frecuencia de Verificación:* Ya que no existen resultados de verificaciones anteriores, en principio la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos realizará las verificaciones posteriores de estos equipos en un periodo de 6 meses por cada verificación. No obstante, las verificaciones iniciales se ejecutarán tal como se indicó en el capítulo

III, es decir en el instante que el equipo es instalado en su lugar de operación

🚦 *Forma de Verificación:* Para estos equipos las verificaciones se realizarán internamente. Para la ejecución de estas verificaciones, en lo que a este tipo de equipos respecta, es necesario que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos posea un patrón secundario, específicamente un patrón de trabajo. En este sentido, la Coordinación debe tener a su disposición un equipo Site Master S113B, S331A y S332B, así como un equipo Cell Master MT 8212B, esto con el propósito de utilizarlos como patrones de trabajo. La intención es tener estos equipos dentro de la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos en un lugar bajo unas condiciones óptimas y seguras, ya que los mismos serán la referencia de comparación con respecto a los equipos a verificar. Cabe advertir que estos equipos deben tener igual o mejor precisión que los que se encuentran en las áreas operativas.

Ya que estas verificaciones serán ejecutadas por el personal adscrito a la Coordinación de Logística de Recursos Materiales y Equipos, debe ser requisito indispensable para este personal, la autorización por parte de la misma Coordinación para la ejecución de estas verificaciones.

🚦 *Proveedor Recomendado:* Debido a que las verificaciones para este tipo de equipos se ejecutarán de manera interna, entonces los proveedores sólo realizarán la tarea de calibración y reparación de estos equipos.

4.2.1.2 Agilent o Hewlett Packard.

🚦 *Frecuencia de calibración:* La frecuencia de calibración dependerá de cada modelo y de la tecnología asociada a estos. Por consiguiente atendiendo a recomendaciones del fabricante para los equipos

Analizadores de Espectro 8920A y 8921A, se establece una frecuencia comprendida en un periodo de 24 meses o 2 años por cada calibración. En el caso particular de los equipos 4934A y 4936A Transmission Impairment Measuring Set (TIMS) el fabricante también recomienda su calibración en un periodo 2 años. Cabe destacar que para este equipo el fabricante no garantiza su reparación o cambio de alguna pieza en específico, esto debido a que este equipo ya ha sido reemplazado por otro con iguales y hasta de mejores características de operación. Igualmente, para el equipo Analizador de espectro E4411B se establece la frecuencia de calibración, según recomendaciones del proveedor; “Típicamente esto se debe hacer una vez al año”.

Cabe advertir que, al igual que se estableció para los equipos de la marca Anritsu, dichos periodos de calibración pueden ser ampliado, si el equipo al terminar su intervalo de tiempo se encuentra dentro de las tolerancias, o reducido si está fuera de ellas

✚ *Frecuencia de Verificación:* Para estos equipos las verificaciones se realizarán internamente o externamente.

En el caso de que se haga la verificación interna, la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos realizará las verificaciones posteriores de estos equipos en un periodo comprendido de:

- ✓ Cada 6 meses, Analizadores de espectro 8920A y 8921A.
- ✓ Cada año, 4934A y 4936A Transmission Impairment Measuring Set (TIMS).
- ✓ Cada 6 meses, Analizador de espectro E4411B.

Este periodo de verificaciones se fijó como punto de partida, para la ejecución de este plan de calibración, ya que no existen resultados de verificaciones anteriores.

Del mismo modo, para las verificaciones externas se establecerá un periodo de verificación de la misma duración que fue previamente establecida para las verificaciones internas. Es importante resaltar que este tipo de verificaciones (externas) son ejecutadas por el propio proveedor de los equipos. En este sentido, debe existir un acuerdo entre la Empresa Telecomunicaciones Movilnet y dicho proveedor, esto con el propósito de establecer la gestión del proveedor en cuanto a las verificaciones. Dicha gestión debe involucrar: la trazabilidad, el tiempo de ejecución, búsqueda y entrega del equipo a su respectivo lugar de operación y todos los costos que implican todas estas actividades.

🚦 *Forma de Verificación:* Indiferentemente que la verificación sea externa o interna es necesario una verificación inicial y una posterior. En este sentido y del mismo modo que los equipos anteriores las verificaciones iniciales se ejecutarán en el instante que el equipo es instalado en su lugar de operación.

No obstante, las verificaciones posteriores serán ejecutadas bien sea por Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos o por el proveedor, según sea el caso.

En el caso de que la verificación corresponda a la Coordinación de Logística de Recursos Materiales y Equipos, la misma debe poseer un patrón secundario, específicamente un patrón de trabajo. En este sentido, la Coordinación debe tener a su disposición equipos tales:

- ✓ Analizadores de espectro 8920A, 8921A y E4411B.

- ✓ Transmission Impairment Measuring Set (TIMS) 4934A y 4936A

Es importante resaltar que estos equipos deben tener igual o mejores características metrológicas que los que se encuentran en los COMˆS.

Atendiendo a las verificaciones externas, los proveedores tendrán a su disposición un patrón primario, con el cual podrán ejecutar todas las verificaciones requeridas por la Empresa Telecomunicaciones Movilnet.

- ✚ *Proveedor Recomendado:* En el caso particular de estos equipos los proveedores no solo ejecutarán tareas de calibración y reparación, sino también de verificación (externa).

4.2.1.3 Wavetek

- ✚ *Frecuencia de calibración:* Para esta Marca sólo existe un modelo de equipo, Stabilock 4032. Una vez revisada las recomendaciones del proveedor, así como la data de anteriores calibraciones de este equipo, la frecuencia de calibración se establece en un periodo de 2 años por cada calibración. No obstante, al igual que se estableció para los equipos anteriormente descrito, esta frecuencia puede ser ampliada, si el equipo al terminar este intervalo de tiempo se encuentra dentro de las tolerancias, o reducida si está fuera de ellas.

Cabe destacar que para este equipo el fabricante no garantiza su reparación o cambio de alguna pieza en específico, esto debido a que este equipo ya ha sido reemplazado por otro con iguales y hasta de mejores características de operación.

✚ *Frecuencia de Verificación:* Para este equipo las verificaciones se realizarán internamente. Es por ello, que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos realizará las verificaciones posteriores de estos equipos en un periodo de 12 meses por cada verificación. Cabe advertir que para este tipo de equipos si se tienen data de calibraciones anteriores. De allí que, se utilizó esta data para fijar el periodo de verificación antes descrito.

✚ *Forma de Verificación:* Para la ejecución de las verificaciones con el Stabilock 4032, es necesario que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos posea un patrón secundario, específicamente un patrón de trabajo. De allí, que la Coordinación debe tener a su disposición un equipo Stabilock 4032 de características metrológicamente similares o mejores a la de los equipos de este tipo que se encuentran en los COM'S.

La Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos deberá mantener este patrón secundario en un lugar bajo unas condiciones seguras, ya que los mismos serán la referencia para los equipos que requieren ser verificados.

Como se pudo establecer, estas verificaciones serán ejecutadas por el personal adscrito a la Coordinación de Logística de Recursos Materiales y Equipos, en este sentido, debe ser requisito obligatorio para este personal, la autorización por parte de la Gerencia de Repuesto y Logística de Recursos de O&M para la ejecución de esta actividad.

✚ *Proveedor Recomendado:* Debido a que las verificaciones para este equipo se ejecutarán de manera interna, entonces los proveedores sólo realizarán la tarea de calibración y de reparación.

Para cada uno de estos aspectos o criterios propuestos, se consideró lo señalado en el capítulo III. No obstante como ya se ha señalado, las recomendaciones del proveedor fueron un factor primordial para el establecimiento de las frecuencias de calibración y verificación antes descritas. Por otra parte, para fijar el periodo de calibración, se consideraron las recomendaciones del fabricante, pero también se aplicó el método; *Ajuste automático o Escalera*, es por ello que este periodo pudiese variar; todo dependerá del resultado de las verificaciones.

En el caso particular del periodo de verificaciones, la mayoría de estos periodos se fijaron considerando las recomendaciones del fabricante, mas no así en el caso particular del equipo Stabilock 4032, ya que para este equipo se tomaron los datos de calibraciones anteriores para poder fijar este periodo.

Por otra parte, para que la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M lleve un control estricto de: calibraciones, verificaciones, reemplazo de accesorios, así como la adquisición de equipos nuevos; a parte del formulario denominado HOJA DE VIDA, también se implementó un formato de control (figura 4.8), el cual será utilizado por la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos para llevar a cabo estas actividades de manera controlada.

La intención de este nuevo formato (figura 4.8) es que el mismo a parte de ser utilizado por la Coordinación de Logística de Recursos Materiales y Equipos, también pueda ser utilizado por el personal que labora en los Centros de Operación y Mantenimiento (COM'S), así como por los propios proveedores de los equipos. Ya que el formulario antes descrito (HOJA DE VIDA) es de uso exclusivo de la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M para llevar el control de estas actividades a través de la base de datos *Telecomunicaciones Movilnet*.

|  Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas Dirección de Operación y Mantenimiento de la Red Gerencia Logística y Administración de Equipos Nivel Nacional Coordinación de Administración y Logística de Recursos Materiales y Equipos | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|
| SOLICITUD DE SERVICIOS Y/O PROCURA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO | | | | | | | |
| 1. Tipo de Solicitud | | | | | | 2. Código de la Solicitud | |
| Calibración | | Mantenimiento Preventivo | | Desincorporación | | | |
| Verificación | | Mantenimiento Correctivo | | Devolución | | | |
| Solicitud de Accesorios | | Procura | | Otros | | 3. Fecha de la Solicitud | |
| Equipo en Garantía | | Servicio en Garantía | | | | | |
| 4. Justificación de la Solicitud | | | | | | | |
| Equipo Descalibrado | | Falla | | Reemplazo de Accesorios Defectuosos | | Equipo Obsoleto | |
| Ejecución del Plan de Calibración y Verificación | | Falla Reincidente | | Equipo Nuevo | | Equipo Irreparable | |
| Ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo | | Solicitud de Accesorios Nuevos | | Reemplazo de Equipo | | Otra | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| 5. Equipo de Medición | | | | | | | |
| Procedencia/Solicitante | | Responsable | | Equipo | | Accesorios | |
| Dirección: | | Nombre: | | Nombre: | | | |
| Gerencia: | | Cargo: | | Marca: | | | |
| Coordinación: | | Carnet: | | Modelo: | | | |
| Dirección: | | C.I.: | | MV: | | | |
| | | Teléfono: | | Serial: | | | |
| | | | | Fecha de la Última Calibración: | | | |
| | | | | Fecha de la Última Verificación: | | | |
| 6. Información del Proveedor Seleccionado | | | | | | | |
| Proveedor: | | Persona Contacto: | | C.I.: | | | |
| Teléfono: | | Solicitud de Pedido: | | Orden de Compra/Servicio: | | | |
| Dirección: | | Cotización: | | Fecha de Envío: | | | |
| 7. Informe del Proveedor | | | | | | | |
| El Equipo fue Reparado | | | | SI | | NO | |
| El Equipo fue Calibrado | | | | SI | | NO | |
| El Equipo fue Verificado | | | | SI | | NO | |
| El Equipo Funciona | | | | SI | | NO | |
| El Equipo fue Enviado | | | | SI | | NO | |
| Se enviaron Accesorios | | | | SI | | NO | |
| Comentarios del Proveedor: | | | | | | | |
| 8. Recepción del Equipo/Ejecución de la Actividad | | | | | | | |
| Fecha de Recepción por la Coordinación de Logística: | | | | Fecha de Envío al Proveedor: | | | |
| Fecha Recepción del Equipo por parte del Proveedor: | | | | Fecha de Recepción del Equipo por parte de la Coordinación de Logística: | | | |
| Fecha de Envío al Área: | | | | Recepción del Equipo por parte del Área: | | | |
| Fecha de Verificación: | | | | Fecha de Mantenimiento Preventivo: | | | |
| 1. ¿El Equipo Funciona y está apto para el trabajo de campo? | | | | SI | | NO | |
| 2. ¿Está satisfecho con el trabajo realizada por la Coordinación de Logística? | | | | SI | | NO | |
| 3. Comentarios: | | | | | | | |
| Recibido por: | | | | C.I.: | | | |
| Carnet: | | Número de Aceptación: | | Fecha: | | | |

Figura 4.8 Formato de solicitud y/o reemplazo de accesorios

4.3 Registros

Los registros se deben mantener por lo menos durante toda la vida operativa de cada equipo. En este sentido, la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos entre una de sus responsabilidades, le corresponde el control de estos registros. En aras de esto, se diseñó el formulario HOJA DE VIDA O FICHA TÉCNICA (figura 4.9) en el cual se guardará toda la información de cada

uno de los equipos, desde su procura hasta la desincorporación de los mismos. Dicho formulario también se encuentra dentro de la base de datos *Telecomunicaciones Movilnet*.

HOJA DE VIDA
Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de Operación y Mantenimiento

Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas

| | | | |
|------------|---------|-----------------|--------------------------------------|
| Modelo | Marca | Nombre | Ubicación Técnica |
| S113B | Anritsu | Site Master | Anzoátegui Sur (El Tigre) / MOV-8013 |
| CódigoMV | Serial | Tipo de Lectura | |
| MV00344491 | 740012 | Digital | |

1- Procura y Desincorporación
2- Verificación y Calibración
3- Mantenimiento Preventivo y Solicitud de Accesorios

Eventos

Id evento (numérico): MV00344491

PROCURA

Fecha de procura: Proveedor:

DESINCORPORACIÓN

Fecha de desincorporación: Motivo de la desincorporación:

Registros: 1 de 94

Figura 4.9 Formulario de control de procura y desincorporación

Este formulario (HOJA DE VIDA) fue diseñado de acuerdo a los parámetros señalados en el capítulo anterior, de manera tal que cumpla los requisitos mínimos establecidos en las Normas ISO 9001:2000.

La ficha técnica es un documento que tiene la particularidad de almacenar toda la información concerniente calibraciones, verificaciones, reparaciones, ubicación del equipo, seriales, entre otros. De allí, que es el documento que contiene información referente a cada una de las actividades a la cual ha sido sometido el equipo (figura 4.6-A, figura 4.6-B, figura 4.7 y figura 4.9).

Es de suma importancia reconocer que, la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos puede utilizar estos registros a manera de realimentación, para el proceso de calibración y/o verificación de los equipos de medición y pruebas.

4.3.1 Control de entrada y salida.

Para que la Coordinación de Logística de Recursos, Materiales y Equipos mantenga un control de los equipos que entran y/o salen de la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos de O&M es necesario un documento que así lo demuestre. En este sentido, se diseñó el formato ORDEN DE SALIDA Y NOTA DE ENTREGA (figura 4.10). En esta se incluyen todas las características concernientes al equipo que se está enviando al proveedor o al personal que labora directamente con los equipos, bien sea por reparación, calibración, verificación, etc.

|  Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas Dirección de Operación y Mantenimiento de la Red Gerencia Logística y Administración de Equipos Nivel Nacional Coordinación de Administración y Logística de Recursos Materiales y Equipos | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--|--|--------------------------------|------------|--|--------|--|
| ORDEN DE SALIDA Y NOTA ENTREGA | | | | | | | | | |
| Numero de Cajas: | | Código de la Solicitud: | | Frágil | | | | | |
| | | | | SI | | NO | | | |
| Contenido de la Carga (Nombre y Marca): | | | | | | | | | |
| Modelo | | Serial del Fabricante | | Código de Barra Movilnet (MV): | | | | | |
| Accesorios | | | | | | | | | |
| Autorizado por: | | | | | Destino (Marcar con X): | | | | |
| Nombre: | | C.I.: | | Proveedor | | Área | | | |
| | | | | Nombre del destino: | | | | | |
| Carnet: | | Firma: | | Dirección del destino: | | | | | |
| Fecha de Entrega: | | Hora de Entrega: | | | | | | | |
| Transporte: | | | | | | | | | |
| Tipo de Transporte (Marcar con X): | | | | Empresa | | Individual | | | |
| Responsable del Transporte: | | | | Nombre de la Empresa: | | | | | |
| Nombre: | | | | Se me ha hecho entrega de los equipos, componentes y/o correspondencia descritos en esta Orden de Salida y Nota de Entrega de los cuales me hago responsable de que lleguen a su destino señalado en la misma: | | | | Firma: | |
| C.I.: | | | | | | | | | |
| Carnet: | | | | | | | | | |
| Seguridad Integral: | | | | Sello: | | Nombre: | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | Firma: | | | |

Figura 4.10 Formato de control para la entrega y salida de los equipos

Finalmente, será necesario o más bien imprescindible, que la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente toda la Dirección de Operación y Mantenimiento, cumpla a cabalidad con todos los parámetros o lineamientos antes descritos. Y de esta forma garantizar la calidad en la gestión de calibración y seguimiento sobre los equipos de medición y pruebas en la Vicepresidencia de Operaciones y Sistemas de esta Empresa.

En aras de preservar este plan de calibración y seguimiento sobre los equipos de medición y pruebas, la Empresa Telecomunicaciones Movilnet, específicamente la Gerencia de Repuestos y Logística de Recursos conserva documentación sobre cada uno de los procedimientos antes descritos (normas y procedimientos sobre la gestión de equipos de medición).

CONCLUSIONES

- ✚ En este trabajo, se ha propuesto un plan de calibración sobre los equipos de medición y seguimiento, en donde también se engloban actividades tales como; verificación y mantenimiento.
- ✚ El cálculo de la repetibilidad y reproducibilidad de las mediciones, asegura la confiabilidad del sistema de medición, por lo que la implementación del sistema (que contempla dicho cálculo) contribuye a asegurar la confiabilidad de las mediciones realizadas con los equipos pertenecientes a la DO&M.
- ✚ Para la calibración de los equipos, es necesario trasladarlos a laboratorios especializados. Sin embargo, esto se debe hacer prudencialmente, ya que se afectará la calidad de la red, al estos equipos abandonar su lugar de operación por periodos relativamente largos.
- ✚ Al implementar esta gestión de calibración y seguimiento, se podrá asegurar la confiabilidad de las mediciones realizadas con estos equipos.

RECOMENDACIONES

- ✚ Establecer un sistema de verificaciones internas. Con lo cual se garantizará, que los equipos no abandonen su lugar de operación mientras de ejecuta dicha actividad.
- ✚ Considerando que los equipos deben ser trasladados a laboratorios de calibración. Se debe mantener una reserva mínima de instrumentos, para el reemplazo de equipos en los sitios de operación, mientras los mismos son calibrados.
- ✚ Antes de implementar un sistema de gestión de los equipos de medición, es necesario realizar una serie de cálculos, tales como: incertidumbre, repetibilidad y reproducibilidad. Los cuales permitirán establecer los criterios de compatibilidad para dicha gestión.
- ✚ Para llevar a cabo la ejecución de las mediciones e implantación del sistema, es necesario que la dirección de O&M, así como las gerencias regionales, trabajen de manera coordinada, ya que de ello dependerá el éxito de este sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/documents/sencamer.htm>. Agosto 2005
- [2] <http://www.fondonorma.org.ve/quienes.htm>. Agosto 2005
- [3] <http://www.fondonorma.org.ve/conceptos.htm>. Agosto 2005
- [4] Normas Covenin 2552:1999, Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología.
- [5] Normas Covenin 2552:1999, Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología
- [6] Normas Covenin 2552:1999, Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología.
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/SAP>. Diciembre 2005
- [8] Normas Covenin 3698:2001, Guía para la determinación de intervalos de recalibración de los equipos de medición utilizados e los laboratorios de ensayo
- [9] Normas Covenin 2552:1999, Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología
- [10] Normas Covenin 3696:2001, Verificación inicial y posterior de los instrumentos y procesos de medición

BIBLIOGRAFÍAS

- [1] Covenin (3631: 2000). Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones.— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--130 p.
- [2] Covenin (3698 : 2001). Guía para la determinación de los intervalos de recalibración de los equipos de medición utilizados en laboratorios de ensayos.— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--7 p
- [3] Covenin (2552 : 1999). Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología.— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--47 p
- [4] Covenin (3696 : 2001). Verificación inicial y posterior de los instrumentos y procesos de medición.— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--18 p
- [5] Covenin (10012 : 2003). Sistema de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.— Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--31 p
- [6] Covenin (17025 : 2005). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.—28 p
- [7] Covenin-ISO (9001 : 2000)., Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos .— Caracas : Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.--26 p

- [8] Ley de Metrología publicada en Gaceta Oficial N° 38.263 del 01/09/2005.
- [9] Manual de referencia: versión 4032/BR601/1002/EN Willtek Stabilock 4032 Monitor de comunicaciones / Willtek Communications Inc. U.S.A, 2002. __ 8 p.
- [10] Manual de referencia: versión 5988-4423EN Accelerate cdma2000 Performance with Agilent's Wireless Network Solutions / Agilent Technologies. Inc. U.S.A 2005_16 p.
- [11] Manual de referencia: versión 5965-6309E ESA-L Series Spectrum Analyzers / Agilent Technologies. Inc. U.S.A 2003_16 p.
- [12] Manual de referencia: versión 10580-00028 User's Guide. Site Master S113B, S114B, S331B, S332B Antenna, Cable and Spectrum Analyzer / Anritsu. Co. U.S.A 2002_76 p.
- [13] Manual de referencia: versión 10580-00017 User's Guide. Site Master S330A, S331A Personal SWR/RL and Fault Location Tester/ Anritsu. Co. U.S.A 1997_85 p.
- [14] Manual de referencia: versión 10580-00089 User's Guide. Cell Master MT8212B Cable, Antenna and Base Station Analyzer/ Anritsu. Co. U.S.A 2005_273 p.
- [15] Manual de referencia: versión 10585-00013 ML2400A Series Power Meter Operation Manual / Anritsu. Co. U.S.A 1999_274 p.
- [16] Manual de referencia: version 5968-5386E HP 8920A RF Communications Test Set/ Hewlett-Packard Co. U.S.A 1992_8 p.

- [17] Manual de referencia: version 5968-5820E HP 8921A Cell Site Test Set / Hewlett-Packard Co. U.S.A 1985_16 p.
- [18] Manual de referencia: version 04935-90029 HP 4935A/4936A Transmission Impairment Measuring Sets / Hewlett-Packard Co. U.S.A 1987_351 p.
- [19] Manual de referencia: version 920-43 Instruction book RF Directional Bird model 43 / Bird Electronic Corporation . U.S.A 2004_61 p.
- [20] Test Equipment Depot. Used Equipment Catalog [en línea].
<<http://www.testequipmentdepot.com/usedequipment/hewlettpackard/telecom>> [Consulta : Septiembre 2005]
- [21] Bird Electronic Corporation. Catalog. [en línea].
< <http://www.bird-electronic.com/>> [Consulta : Septiembre 2005]
- [22] Acterna. Firebird 6000A Analyzer. [en línea]
<<http://www.tessco.com/products>> [Consulta : Septiembre 2005]
- [23] US Instrument Service. Acterna. Interceptor 132A. [en línea]
< <http://www.us-instrument.com/commerce/catalog/product>> [Consulta : Octubre 2005]
- [24] Coasin. Fluke. [en línea]
< <http://www.coasin.com.ve/Catalog>> [Consulta : Octubre 2005]
- [25] Equilab Telecom. Agilent Technologies. [en línea]
<<http://www.equilabtelecom.com/spnl/productos.html>>[Consulta : 2005]
- [26] Fondo de Investigación y Desarrollo de las Telecomunicaciones. FIDETEL[en línea].

< <http://www.fidotel.gob.ve/view/buscarCat.>> [Consulta : Noviembre 2005]

[27] Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. SENCAMER. [en línea].

< <http://www.sencamer.gob.ve/>> [Consulta : Agosto 2005]

[28] Fondo para la Normalización y Certificación de Calidad. FONDONORMA [en línea].

< <http://www.fondonorma.org.ve>> [Consulta : Agosto 2005]

[29] Arsys. Acreditaciones[en línea].

< <http://www.arsys.es/acerca-e/acreditaciones.htm> >[Consulta : Agosto 2005]

[30] Quartz. Calibración de equipos de medición [en línea].

<<http://www.quartz.com.uy/webquartziso/calibraca.htm>> [Consulta: Septiembre 2005]

[31] Comisión Nacional de Telecomunicaciones. CONATEL[en línea]

< <http://www.conatel.gov.ve/homolog/raetel.htm>> [Consulta : Noviembre 2005]

[32] ANATEL. Certificación de productos[en línea]

< <http://www.anatel.gov.br/home>> [Consulta : Diciembre 2005]

[33] MetAs & Metrologos Asociados. [en línea].

< <http://www.metas.com.mx/guiametas>> [Consulta : Septiembre 2005]

[ANEXO 1]

Ejemplo 1. Cálculo de incertidumbre

A continuación se presenta de manera detallada y en carácter de ejemplo, el cálculo de incertidumbre. Para ello se tomarán valores de mediciones ficticios. No obstante se considerarán datos de los fabricantes de algunos equipos.

Cálculo de incertidumbre

En primer lugar se consideró un equipo Site Master S332B, así mismo la medición SWR.

Estimación de la incertidumbre tipo B:

Incertidumbre de resolución

A partir de la ecuación $\sigma_{Blecturaequipo} = \frac{Resolucion_{equipo}}{\sqrt{3}}$ se calcula la incertidumbre estándar, asociada a la resolución del equipo.

Para este equipo, la resolución proporcionada por el fabricante es de 0.01. Por lo tanto

$$\sigma_{Blecturaequipo} = \frac{0.01}{\sqrt{3}}, \text{ entonces } \sigma_{Blecturaequipo} = 0.00573$$

Incertidumbre de calibración

Adicionalmente para el cálculo de la incertidumbre tipo B se considera también la incertidumbre reportada en los certificados de calibración. Generalmente estos valores se reportan con un nivel de confiabilidad del 95% (tabla 4.1). Para este cálculo se utilizara la ecuación siguiente:

$$\sigma_{Bcalibracion} = \frac{Incertidumnbre_{calibracion}}{K}$$

Se asumirá la incertidumbre de calibración en 0.015. Entonces, la ecuación anterior queda: $\sigma_{Bcalibracion} = \frac{0.015}{2}$, por lo tanto $\sigma_{Bcalibracion} = 0.0075$

Incertidumbre de error

Dependiendo del equipo, otro factor de importancia en la estimación de la incertidumbre, es el error del equipo, obtenido directamente de los manuales de cada equipo. En este caso se toma el valor y se divide directamente por $\sqrt{3}$ considerando que la distribución es uniforme y cuadrática.

Para este equipo, el error proporcionado por el fabricante es: 0.03, por lo tanto.

$$\sigma_{Bequipo} = \frac{Error_{equipo}}{\sqrt{3}}, \text{ entonces } \sigma_{Bequipo} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.0173$$

Estimación de la incertidumbre tipo A:

Para la estimación de este tipo de incertidumbre, se requiere la realización de 10 mediciones como mínimo.

La ecuación asociada es la siguiente:

$$\sigma_a = t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad \text{donde } \begin{cases} t = t \text{ de Student (tabla 4.2)} \\ S = \text{desv. Estandart} \\ n = \text{numero de muestras} \end{cases}$$

El valor de S se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Si se consideran, las siguientes 10 mediciones de SWR:

| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medición | 0.89 | 0.91 | 0.96 | 0.93 | 0.91 | 0.89 | 0.95 | 0.97 | 0.93 | 0.94 |

Tabla 5.1 Valores de muestras para cálculo de incertidumbre (ejemplo 1)

Entonces: $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 0.00696$

Por lo tanto $S = \sqrt{\frac{0.00696}{9}} = 0.0278$

Ahora, se calcula la incertidumbre A:

Como son 10 muestras, el valor de t=1

$$\sigma_a = \frac{0.0278}{\sqrt{10}} = 0.00879$$

.Incertidumbre estándar combinada

Se calcula a partir de las incertidumbres estándares individuales recién calculadas, utilizando la siguiente ecuación:

$$U = \sqrt{(\sigma_{Blecturaequipo})^2 + (\sigma_{Bcalibracion})^2 + (\sigma_{Bequipo})^2 + (\sigma_a)^2}$$

Entonces, $U = \sqrt{(0.0057)^2 + (0.0075)^2 + (0.0173)^2 + (0.00879)^2} = 0.0216$

Incertidumbre expandida

Esta incertidumbre se calcula a partir de la incertidumbre estándar combinada, considerando un nivel de confianza del 95%, aplicando la siguiente ecuación.

$$U_{\text{expand}} = k * U, \text{ donde } K=2$$

$$\text{Entonces } U_{\text{expand}} = 2 * 0.0216 = 0.0432$$

Criterio de aceptación.

$$3 * U_{\text{expand}} \leq \frac{\text{tolerancia}}{2}$$

La tolerancia es la diferencia entre el límite superior y el límite inferior de la especificación de la medición requerida. En este caso la tolerancia es 0.6

$$\text{Entonces } 3 * 0.0432 \leq \frac{0.6}{2} \text{ por lo tanto, El criterio es ACEPTABLE.}$$

[ANEXO 2]

Ejemplo 2. Cálculo de incertidumbre

A continuación se presenta de manera detallada y en carácter de ejemplo, el cálculo de incertidumbre, repetibilidad y reproducibilidad. Para ello se tomarán valores de mediciones ficticios. No obstante se considerarán datos de los fabricantes de algunos equipos.

Cálculo de incertidumbre

En primer lugar se consideró un equipo Site Master S332B, así mismo la medición SWR.

Estimación de la incertidumbre tipo B:

Incertidumbre de resolución

A partir de la ecuación $\sigma_{Blecturaequipo} = \frac{Resolucion_{equipo}}{\sqrt{3}}$ se calcula la incertidumbre estándar, asociada a la resolución del equipo.

Para este equipo, la resolución proporcionada por el fabricante es de 0.01. Por lo tanto

$$\sigma_{Blecturaequipo} = \frac{0.01}{\sqrt{3}}, \text{ entonces } \sigma_{Blecturaequipo} = 0.00573$$

Incertidumbre de calibración

Adicionalmente para el cálculo de la incertidumbre tipo B se considera también la incertidumbre reportada en los certificados de calibración. Generalmente estos valores se reportan con un nivel de confiabilidad del 95%(tabla 4.1). Para este cálculo se utilizara la ecuación siguiente:

$$\sigma_{Bcalibracion} = \frac{Incertidumbre_{calibracion}}{K}$$

Se asumirá la incertidumbre de calibración en 0.015. Entonces, la ecuación anterior queda: $\sigma_{Bcalibracion} = \frac{0.015}{2}$, por lo tanto $\sigma_{Bcalibracion} = 0.0075$

Incertidumbre de error

Dependiendo del equipo, otro factor de importancia en la estimación de la incertidumbre, es el error del equipo, obtenido directamente de los manuales de cada equipo. En este caso se toma el valor y se divide directamente por $\sqrt{3}$ considerando que la distribución es uniforme y cuadrática.

Para este equipo, el error proporcionado por el fabricante es: 0.03, por lo tanto.

$$\sigma_{Bequipo} = \frac{Error_{equipo}}{\sqrt{3}}, \text{ entonces } \sigma_{Bequipo} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.0173$$

Estimación de la incertidumbre tipo A:

Para la estimación de este tipo de incertidumbre, se requiere la realización de 10 mediciones como mínimo.

La ecuación asociada es la siguiente:

$$\sigma_a = t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad \text{donde } \begin{cases} t = t \text{ de Student (tabla 4.2)} \\ S = \text{desv. Estandart} \\ n = \text{numero de muestras} \end{cases}$$

El valor de S se calcula a partir de la ecuación siguiente:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Si se consideran, las siguientes 10 mediciones de SWR:

| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medición | 0.45 | 0.46 | 0.87 | 0.99 | 0.89 | 0.89 | 0.32 | 0.25 | 0.63 | 0.41 |

Tabla 5.2 Valores de muestras para cálculo de incertidumbre (ejemplo 2)

Entonces: $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 0.670$

Por lo tanto $S = \sqrt{\frac{0.670}{9}} = 0.2729$

Ahora, se calcula la incertidumbre A:

Como son 10 muestras, el valor de t=1

$$\sigma_a = \frac{0.2729}{\sqrt{10}} = 0.0863$$

Incertidumbre estándar combinada

Se calcula a partir de las incertidumbres estándares individuales recién calculadas, utilizando la siguiente ecuación:

$$U = \sqrt{(\sigma_{Blecturaequipo})^2 + (\sigma_{Bcalibracion})^2 + (\sigma_{Bequipo})^2 + (\sigma_a)^2}$$

Entonces, $U = \sqrt{(0.0057)^2 + (0.0075)^2 + (0.0173)^2 + (0.0863)^2} = 0.0885$

Incertidumbre expandida

Esta incertidumbre se calcula a partir de la incertidumbre estándar combinada, considerando un nivel de confianza del 95%, aplicando la siguiente ecuación.

$$U_{\text{expand}} = k * U, \text{ donde } K=2$$

$$\text{Entonces } U_{\text{expand}} = 2 * 0.0885 = 0.177$$

Criterio de aceptación.

$$3 * U_{\text{expand}} \leq \frac{\text{tolerancia}}{2}$$

La tolerancia es la diferencia entre el límite superior y el límite inferior de la especificación de la medición requerida. En este caso la tolerancia es 0.6

$$\text{Entonces } 3 * 0.177 \leq \frac{0.6}{2} \text{ En este caso, el criterio es NO ACEPTABLE.}$$

[ANEXO 3]

Ejemplo 1. Cálculo de R&R

A continuación se presenta de manera detallada y en carácter de ejemplo, el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad. Para ello se tomarán valores de mediciones ficticios. No obstante se considerarán datos de los fabricantes de algunos equipos.

Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

Pasos a realizar:

1. Un operador realiza con un equipo determinado diez (10) mediciones (eventos) por triplicado (repeticiones) a lo largo de un día de operación.
2. En un periodo de tiempo similar, otros operadores, en dos(2) sitios de operación diferentes llevan a cabo el mismo conjunto de mediciones

| Muestra | Operador 01 | | | Operador 02 | | | Operador 03 | | |
|--------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 |
| 1 | 1,002 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 | 0,986 | 0,978 | 0,990 |
| 2 | 1,004 | 0,997 | 0,965 | 0,980 | 0,963 | 1,000 | 0,980 | 0,990 | 0,970 |
| 3 | 0,985 | 1,000 | 0,854 | 0,990 | 0,970 | 0,963 | 0,900 | 0,963 | 0,990 |
| 4 | 0,856 | 1,110 | 1,000 | 0,986 | 0,923 | 1,000 | 0,950 | 0,960 | 0,997 |
| 5 | 0,999 | 0,990 | 1,000 | 0,996 | 1,000 | 0,935 | 0,975 | 0,990 | 0,980 |
| 6 | 0,961 | 0,930 | 1,000 | 0,950 | 0,933 | 0,986 | 0,990 | 1,000 | 0,935 |
| 7 | 1,050 | 1,026 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,976 | 0,938 | 0,982 | 0,920 |
| 8 | 0,980 | 1,004 | 0,987 | 0,988 | 0,965 | 0,967 | 0,965 | 0,990 | 0,796 |
| 9 | 0,986 | 0,963 | 0,987 | 0,974 | 0,976 | 0,975 | 0,970 | 0,978 | 0,987 |
| 10 | 0,964 | 0,900 | 0,841 | 0,963 | 0,930 | 0,895 | 0,987 | 0,987 | 0,700 |
| Total | 9,786 | 9,919 | 9,634 | 9,827 | 9,660 | 9,695 | 9,641 | 9,818 | 9,265 |

Tabla 5.3 Valores de muestra para el cálculo de R&R (ejemplo 1)

3. Con las mediciones obtenidas, se realizan los siguientes cálculos:

Repetibilidad.

Para cada sitio de operación, se calcula el rango (diferencia entre el valor máximo y mínimo) para cada serie de tres (03) mediciones, reportándolo como $R_{operador_n}$

| Muestra | Rango1 | Rango2 | Rango3 |
|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,002 | 0,001 | 0,012 |
| 2 | 0,039 | 0,037 | 0,020 |
| 3 | 0,146 | 0,027 | 0,090 |
| 4 | 0,254 | 0,077 | 0,047 |
| 5 | 0,010 | 0,066 | 0,015 |
| 6 | 0,070 | 0,054 | 0,065 |
| 7 | 0,050 | 0,024 | 0,062 |
| 8 | 0,987 | 0,023 | 0,194 |
| 9 | 0,024 | 0,002 | 0,017 |
| 10 | 0,123 | 0,068 | 0,287 |
| Total | 1,705 | 0,378 | 0,809 |

Tabla5.4 Valores de rango para cálculo de repetibilidad (ejemplo 1)

Seguidamente se calcula el promedio de $R_{operador_n}$, reportándolo como

$$\bar{R}_{operador_n}$$

| | Operador 01 | Operador 02 | Operador 03 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\bar{R}_{operador_n}$ | 0,171 | 0,038 | 0,081 |

Tabla5.5 Valores promedios para cálculo de repetibilidad (ejemplo 1)

Con el valor de $\bar{R}_{operador_n}$ de los tres (03) sitios se calcula el promedio \bar{R}_{total} .

$$\bar{R}_{total} = 0.096$$

Se procede a calcular la repetibilidad de la variación (V_e) de las mediciones, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_e = K_1 * \bar{R}_{total} \left\{ \begin{array}{l} \text{Donde } K_1 \text{ depende del numero de muestras, segun y est\u00e1} \\ \text{relacionado con la desviaci\u00f3n est\u00e1ndar de las mediciones, con} \\ \text{un factor de confiabilidad de 95\% (tabla 4.4).} \end{array} \right.$$

$$\text{Entonces } V_e = 3.05 * 0.096 = 0.294$$

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medici\u00f3n, se procede a calcular el porcentaje de la repetibilidad de la variaci\u00f3n, aplicando la siguiente ecuaci\u00f3n:

$$\%V_e = \frac{V_e}{Tolerancia} * 100$$

Para este caso, se tomo la tolerancia =1. Entonces, $\%V_e = 29,411$

Reproducibilidad

Se Calculan los promedios de cada una de las mediciones realizadas por los operadores y se le denomina $\bar{X}_{operador}$.

| | Operador 01 | Operador 02 | Operador 03 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\bar{X}_{operador}$ | 0,978 | 0,973 | 0,957 |

Tabla 5.6 Valores promedios para c\u00e1lculo de reproducibilidad (ejemplo 1)

Se calcula la diferencia entre el valor m\u00e1ximo y m\u00ednimo de los promedios de los operadores obtenidos anteriormente y denominarlos

$\bar{X}_{diferencia}$

$$\bar{X}_{diferencia} = 0,021$$

Entonces, la reproducibilidad de la variación (V_o) de las mediciones, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$V_o = \sqrt{(K2 * \overline{X_{diferencia}})^2 - \frac{(V_e)^2}{Nro_{repeticiones} * Nro_{eventos}}}$$

$$V_o = \sqrt{(2.7 * 0.021)^2 - \frac{(0.294)^2}{3 * 10}} = 0.013$$

Donde $K2$ depende del número de operadores y está relacionado con la desviación estándar de las mediciones, con un factor de confiabilidad de 95% (tabla 4.5).

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medición, se procede a calcular el porcentaje de la reproducibilidad de la ecuación, aplicando la siguiente ecuación:

$$\%V_o = \frac{V_o}{Tolerancia} * 100$$

Para este caso, se tomo la tolerancia = 1. Entonces, $\%V_o = 1.39$

Calculo R&R

Para el calculo de R&R se aplica la siguiente ecuación

$$R \& R = \sqrt{(V_e)^2 + (V_o)^2}$$

$$R \& R = \sqrt{(0.294)^2 + (0.013)^2} = 0.294$$

Para poder verificar la adecuación del sistema de medición, se debe calcular el porcentaje de R&R, a través de la siguiente ecuación:

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{tolerancia} * 100$$

$$\%R \& R = 29,442$$

Criterio de aceptación

| | |
|-------------------|--|
| % R&R < 10% | Adecuado |
| 10% < % R&R < 30% | Aceptable, pero debe ser mejorado (entrenamiento de operadores, calibración de equipos, etc.) |
| %R&R > 30% | Inadecuado(equipo debe ser calibrado, Re-adiestramiento de operadores, sustitución de equipos) |

En este caso, el criterio es ACEPTABLE, PERO DEBE SER MEJORADO.

[ANEXO 4]

Ejemplo 2. Cálculo de R&R

A continuación se presenta de manera detallada y en carácter de ejemplo, el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad. Para ello se tomarán valores de mediciones ficticios. No obstante se considerarán datos de los fabricantes de algunos equipos.

Cálculo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

Pasos a realizar:

1. Un operador realiza con un equipo determinado diez (10) mediciones (eventos) por triplicado (repeticiones) a lo largo de un día de operación.
2. En un periodo de tiempo similar, otros operadores, en dos(2) sitios de operación diferentes llevan a cabo el mismo conjunto de mediciones

| Muestra | Operador 01 | | | Operador 02 | | | Operador 03 | | |
|---------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 | Rep.1 | Rep.2 | Rep.3 |
| 1 | 1,002 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 | 0,986 | 0,978 | 0,990 |
| 2 | 1,004 | 0,997 | 0,965 | 0,980 | 0,963 | 1,000 | 0,390 | 0,990 | 0,970 |
| 3 | 0,985 | 1,000 | 0,854 | 0,990 | 0,970 | 0,963 | 0,900 | 0,963 | 0,990 |
| 4 | 0,856 | 0,650 | 1,000 | 0,986 | 0,923 | 1,000 | 0,950 | 0,960 | 0,997 |
| 5 | 0,999 | 0,990 | 1,000 | 0,996 | 1,000 | 0,935 | 0,975 | 0,990 | 0,980 |
| 6 | 0,961 | 0,930 | 1,000 | 0,950 | 0,933 | 0,986 | 0,990 | 1,000 | 0,935 |
| 7 | 1,050 | 0,640 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,976 | 0,938 | 0,982 | 0,920 |
| 8 | 0,980 | 1,004 | 0,987 | 0,988 | 0,965 | 0,967 | 0,965 | 0,990 | 0,796 |
| 9 | 0,986 | 0,963 | 0,987 | 0,974 | 0,976 | 0,975 | 0,970 | 0,978 | 0,987 |
| 10 | 0,964 | 0,900 | 0,841 | 0,963 | 0,930 | 0,895 | 0,987 | 0,987 | 0,700 |

Tabla 5.7 Valores de muestra para el cálculo de R&R (ejemplo 2)

3. Con las mediciones obtenidas, se realizan los siguientes cálculos:

Repetibilidad.

Para cada sitio de operación, se calcula el rango (diferencia entre el valor máximo y mínimo) para cada serie de tres (03) mediciones, reportándolo como $R_{operador_n}$

| Muestra | Rango1 | Rango2 | Rango3 |
|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,002 | 0,001 | 0,012 |
| 2 | 0,039 | 0,037 | 0,600 |
| 3 | 0,146 | 0,027 | 0,090 |
| 4 | 0,350 | 0,077 | 0,047 |
| 5 | 0,010 | 0,066 | 0,015 |
| 6 | 0,070 | 0,054 | 0,065 |
| 7 | 0,410 | 0,024 | 0,062 |
| 8 | 0,987 | 0,023 | 0,194 |
| 9 | 0,024 | 0,002 | 0,017 |
| 10 | 0,123 | 0,068 | 0,287 |

Tabla 5.8 Valores de rango para cálculo de repetibilidad (ejemplo 2)

Seguidamente se calcula el promedio de $R_{operador_n}$, reportándolo como

$$\bar{R}_{operador_n}$$

| | Operador 01 | Operador 02 | Operador 03 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\bar{R}_{operador_n}$ | 0,216 | 0,038 | 0,139 |

Tabla 5.9 Valores promedios para cálculo de repetibilidad (ejemplo 2)

Con el valor de $\bar{R}_{operador_n}$ de los tres (03) sitios se calcula el promedio \bar{R}_{total} .

$$\bar{R}_{total} = 0,131$$

Se procede a calcular la repetibilidad de la variación (V_e) de las mediciones, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_e = K_1 * \bar{R}_{total}$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Donde } K_1 \text{ depende del numero de muestras, según y está} \\ \text{relacionado con la desviación estándar de las mediciones, con} \\ \text{un factor de confiabilidad de 95\% (tabla 4.4).} \end{array} \right.$

Entonces $V_e = 3.05 * 0.131 = 0.399$

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medición, se procede a calcular el porcentaje de la repetibilidad de la variación, aplicando la siguiente ecuación:

$$\%V_e = \frac{V_e}{Tolerancia} * 100$$

Para este caso, se tomo la tolerancia =1. Entonces, $\%V_e = 39,945$

Reproducibilidad

Se calculan los promedios de cada una de las mediciones realizadas por los operadores y se le denomina $\bar{X}_{operador}$.

| | Operador 01 | Operador 02 | Operador 03 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\bar{X}_{operador}$ | 0,950 | 0,973 | 0,938 |

Tabla 5.10 Valores promedios para cálculo de reproducibilidad (ejemplo 1)

Se calcula la diferencia entre el valor máximo y mínimo de los promedios de los operadores obtenidos anteriormente y denominarlos $\bar{X}_{diferencia}$

$$\overline{X}_{diferencia} = 0,035$$

Entonces, la reproducibilidad de la variación (V_o) de las mediciones, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$V_o = \sqrt{(K2 * \overline{X}_{diferencia})^2 - \frac{(V_e)^2}{Nro_{repeticiones} * Nro_{eventos}}}$$

$$V_o = \sqrt{(2.7 * 0.035)^2 - \frac{(0.399)^2}{3 * 10}} = 0,060$$

Donde $K2$ depende del número de operadores y está relacionado con la desviación estándar de las mediciones, con un factor de confiabilidad de 95% (tabla 4.5).

Para comparar el resultado obtenido con la tolerancia de la medición, se procede a calcular el porcentaje de la reproducibilidad de la ecuación, aplicando la siguiente ecuación:

$$\%V_o = \frac{V_o}{Tolerancia} * 100$$

Para este caso, se tomo la tolerancia = 1. Entonces, $\%V_o = 5,979$

Calculo R&R

Para el calculo de R&R se aplica la siguiente ecuación

$$R \& R = \sqrt{(V_e)^2 + (V_o)^2}$$

$$R \& R = \sqrt{(0.399)^2 + (0.060)^2} = 0.404$$

Para poder verificar la adecuación del sistema de medición, se debe calcular el porcentaje de R&R, a través de la siguiente ecuación:

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{tolerancia} * 100$$

$$\%R \& R = 40,389$$

Criterio de aceptación

| | |
|-------------------|--|
| % R&R < 10% | Adecuado |
| 10% < % R&R < 30% | Aceptable, pero debe ser mejorado (entrenamiento de operadores, calibración de equipos, etc.) |
| %R&R > 30% | Inadecuado(equipo debe ser calibrado, Re-adiestramiento de operadores, sustitución de equipos) |

En este caso, el criterio es INADECUADO.

[ANEXO 5]

Tabla de Constantes estadísticas*

Tabla de constantes para la construcción de diagramas de control

| Tamaño de muestra n | Gráfico de medias | Gráfico de Rangos | |
|---------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| | Factor A_2 | Factor D_3 | Factor D_4 |
| 2 | 1.88 | 0 | 3.27 |
| 3 | 1.02 | 0 | 2.57 |
| 4 | 0.73 | 0 | 2.28 |
| 5 | 0.58 | 0 | 2.11 |
| 6 | 0.48 | 0 | 2.00 |
| 7 | 0.42 | 0.08 | 1.92 |
| 8 | 0.37 | 0.14 | 1.86 |
| 9 | 0.34 | 0.18 | 1.82 |
| 10 | 0.31 | 0.22 | 1.78 |

* Fuente: <http://www.seh-lilha.org/calidad>.

[ANEXO 6]

Tabla con valores del factor de cobertura K_i^*

Tabla G.1. Valor del factor de cobertura k_p que produce un intervalo que tiene un nivel de confianza p asumiendo una distribución normal

| Nivel de confianza p (por ciento) | Factor de cobertura k_p |
|--|------------------------------|
| 68,27 | 1 |
| 90 | 1,645 |
| 95 | 1,960 |
| 95,45 | 2 |
| 99 | 2,576 |
| 99,73 | 3 |

* Fuente: Anexo G ,Norma Covenin (3631: 2000)

